



NOSLĒGUMA PĀRSKATS

PAR AS “LATVIJAS VALSTS MEŽI” UN AS “LATVIJAS FINIERIS”
ATBALSTĪTO PĒTĪJUMU

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: **Bērza audzēšanas prakses pilnveidošana**

LĪGUMA NR.: 5-5.5_002v_101_18_63

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS “SILAVA”

PĒTĪJUMA VADĪTĀJS: KASPARS LIEPIŅŠ, LVMI “SILAVA” VADOŠAIS PĒTNIEKŠ

Salaspils, 2023

Saturs

Kopsavilkums	4
Summary	7
Bora koncentrācijas augsnē ietekme uz bērza augšanu stādījumos	10
Bora ietekme un kokaudžu kvalitāti un produktivitāti – literatūras apskats	10
Pilotpētījums Rēzeknes novadā	11
Kokaudžu atlase mēslošanas eksperimenta ierīkošanai	13
Rezultāti	14
Secinājumi.....	15
Literatūra	16
Koku bojāejas iemeslu izpēte stādītās bērza jaunaudzēs	17
Situācijas raksturojums	17
AS “Latvijas valsts meži” darbinieku veiktās bērzu stādījumu apsekošanas	17
rezultāti	17
LVMI “Silava” veiktā bojāto bērzu jaunaudzju apsekošana.....	20
Diskusija.....	22
Secinājumi.....	23
Bērzu stādu fitosanitārais stāvoklis AS “Latvijas valsts meži” un AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavās	24
Metodes	24
Rezultāti un to analīze	25
Secinājumi.....	30
Bērza sējeņu mākslīgā inficēšana	32
Inficēšanas rezultāti.....	33
Secinājumi.....	36
Bērza ģenētikas pētījumi, atlasot vitālākos klonus turpmākajam bērza selekcijas	38
darbam	38
Materiāli un metodes.....	38
Rezultāti	38
Diskusija.....	42
Kalsnavas jaunās bērza sēklu plantācijas pasportizācija ar 15 mikrosatelītu	44
marķieriem	44
1. etapā paredzētās aktivitātes	44
1. etapā veiktie darbi	44
Bērzu plantācijas molekulārā pasportizācija metodika	44
Materiāls.....	44
Rezultātu kopsavilkums	46
Literatūra	47
Bērzu augšanas gaita māla un meliorētās kūdras augsnēs	48
Materiāls un metodes	48

Rezultāti	50
Secinājumi.....	58
2017. g. rudenī AS “Latvijas valsts meži” platībās ierīkoto bērza stādījumu (liela izmēra stādi) apsekošana	59
Metodika	59
Rezultāti	59
Secinājumi.....	61
Āra bērza stādījumu ierīkošanas tehnoloģiju pilnveidošana.....	63
Materiāls un metodes	63
Rezultāti un diskusija	64
Secinājumi.....	66
Eksperimentālie stādījumi bērza atjaunošanas tehnoloģiju izpētei.....	67
Materiāls un metodes	67
Rezultāti	68
Secinājumi.....	71
Provenienču stādījumi Latvijā un Lietuvā.....	72
Eksperimentālo stādījumu ierīkošana	72
Rezultāti un diskusija	73
Secinājumi.....	76
Bērzu ziedēšanas veicināšanas metodes sēklu plantācijā	77
Pamatojums.....	77
Bērza sēklu plantācijas Somijā – ierīkošana un apsaimniekošana.....	77
Bērza sēklu plantāciju apsaimniekošana Latvijā.....	78
Bērza ziedēšanas fizioloģija un iespējas ziedu aizmetņu iniciēšanai.....	78
Sēklu ražas veicināšana bērza plantācijās – pētījumu virzieni nākotnei.....	80
Literatūra	81
Dalība SNS tīklošanas pasākumā “Joining Nordic Forces for More Birch” Somijā.....	83
Bērza audzēšanas prakses pilnveidošana – virzieni turpmākajiem pētījumiem	85
Pielikumi.....	87
Āra bērza sēklu izcelsmes reģioni Lietuvā.....	88
Somijas izcelsmes sēklu (FI 466) rekomendētais izmantošanas reģions	89
Somijas izcelsmes sēklu (FI 468) rekomendētais izmantošanas reģions	90
Āra bērza provenienču eksperimentālais stādījums Ropažu pagastā – shēma.....	91
Āra bērza provenienču eksperimentālais stādījums Rendas pagastā – shēma	92
2022. gada vasarā apsekoto bojāto bērza jaunaudžu apraksts.....	93
Bērza sēklu plantācijas pasportizācijā izmantotie mikrosatelītu marķieri	95

Kopsavilkums

Pārskatā apkopoti rezultāti un atziņas, kuri iegūti pētījumā laika posmā no 2018. līdz 2023. gadam. Pētījuma galvenais mērķis ir optimizēt bērzu kokaudžu apsaimniekošanas metodes un veicināt ģenētiski uzlabota reproduktīvā materiāla pielietošanu bērzu stādījumu ierīkošanā. Pētījums par bērza audzēšanas prakses pilnveidošanu, kurš īstenots sešos posmos, dalīts vairākos izpētes virzienos: (1) bērzu stādījumu ierīkošana problemātiskās platībās (māla augsnes, organiskās augsnes, augsnes ar bora deficītu); (2) bērza stādmateriāla fitosanitārā stāvokļa izpēte kokaudzētavās; (3) bērza ģenētikas pētījumi (klonu izvērtēšana sēklu plantācijā, vitālāko klonu atlase); (4) bērza stādījumu kvalitātes un to ierīkošanas tehnoloģiju uzlabošanas iespējas; (5) āra bērza provenienču stādījumu ierīkošana un izvērtēšana; (6) bērza klonu ziedēšanas veicināšanas iespēju izpēte sēklu ieguves uzlabošanai.

Pētījums apliecināja, ka āra bērzs var sasniegt augstu produktivitāti gan smagās māla augsnēs, gan nosusinātās organiskās augsnēs. Āra bērza stādīšana var ļaut izveidot produktīvas bērza audzes vietās, kur pašatjaunošanās rezultātā dominētu purva bērzs. Mūsu rezultāti apstiprina Somijas zinātnieku atziņas, ka purva bērzs arī abām koku sugām piemērotos apstākļos ir mazāk produktīvs un kvalitatīvs nekā āra bērzs. Smagās māla augsnēs ar sliktu augsnes drenāžu ir ieteicams augsnes gatavošanai pielietot pacilu metodi. Āra bērzu ir iespējams stādīt arī auglīgos kūdreņos, kuros ir labi funkcionējoša ūdens notece, tomēr joprojām ir neskaidri jautājumi par āra bērza produktivitāti un vitalitāti dziļās organiskās augsnēs. Nepieciešams padziļināti pētīt barības elementu (tajā skaitā – mikroelementu) ietekmi uz āra bērza augšanu kūdras augsnēs.

Bors tiek minēts kā mikroelements ar vislielāko ietekmi uz kokaugu augšanu. Tā deficīts var izraisīt vairākas anatomiskās, fizioloģiskās un bioķīmiskās izmaiņas, kas ietekmē kokaugu attīstību. LVMI “Silava” ierīkotais eksperiments neapstiprināja būtisku pozitīvu bora, slāpekļa vai pelnu mēslojuma ietekmi uz bērzu stādījumu produktivitāti stādījumā minerālaugsnē platībā, kurā konstatēts bora deficīts. Mērķtiecīga bērzu stādījumu mēslošanai ar boru Latvijas apstākļos visdrīzāk nav ekonomiska pamatojuma. Tomēr, apsverot pelnu izmantošanu augsnes ielabošanai koku stādījumos, reģioni, kuri, atbilstoši augšņu kartēšanas datiem ir vairāk pakļauti bora deficīta riskam, ir jāizskata kā prioritāri šādam pasākumam. Pelni satur dažādus mikroelementus (arī boru) un to pielietošanai var būt pozitīvs efekts ne tikai uz bērza, bet arī pārējo koku sugu augšanu.

Pētījumā meklēti cēloņi koku bojāejai bērzu stādījumos AS “Latvijas valsts meži” (LVM) apsaimniekotās platībās. Pirmie ziņojumi par bojā gājušiem kokiem Līvberzes iecirknī saņemti 2018. gadā. Bojātajiem kokiem novērotas līdzīgas pazīmes – kokiem konstatēti stumburu bojājumi pie sakņu kakla, kā rezultātā tie nolūzuši. Ņemot vērā, ka lielākā daļa no bojāgājušiem kokiem bija gulējuši zemē jau vairāk nekā sezonu, bojājumu cēloni noteikt bija neiespējami, jo nogāztie stumbri lielākoties jau atradās kritalu stadijā. Jautājums par bērzu bojāejas iemesliem aktualizēts 2021. gadā, kad konstatēti gan jauni bojāti bērzu stādījumi Līvberzes iecirknī, gan saņemti ziņojumi no citiem LVM iecirkņiem. Bojāto koku apskate neliecina, ka konstatētajiem bērzu sakņu kakla vai sakņu sistēmas bojājumiem varētu būt patoloģiska izcelsme. Visdrīzāk bojājumi radīti mehāniskas iedarbības rezultātā. Bojājumu raksturs un tas, ka lielākā daļa bojāto koku auguši meliorētās platībās vai vietās ar augstu grunštūdeni, norāda, ka tos varētu būt radījušas ūdensstrupastes *Arvicola terrestris* (L.). Konstatētie bojājumi bērzu jaunaudzēs lielākoties ir lokāli un būtiski audzes vērtību nemazina. Audžu apsekošanas rezultāti apliecina, ka bojātajās audzēs dzīvo bērzu skaits ir tikai nedaudz mazāks, salīdzinot ar kontroles (nebojātām) audzēm. Ūdensstrupastes bojājumi šobrīd jāuztver kā papildus riska faktors, plānojot bērza stādījumu ierīkošanu meliorētās platībās, platībās ar augstu grunstsūdens līmeni, kā arī kūdrainās augsnēs.

Pamatojoties uz kokaudzētavu darbinieku novērotiem bērza stādmateriāla stumbra un galotņu (dzinumu) nekrožu bojājumiem 2020. gada rudenī, apsektas AS “Latvijas Finieris” un AS “Latvijas valsts meži” kokaudzētavas. Apsekojumos novērtēta bērzu stādmateriāla bojājumu intensitāte un ievākti simptomātisko stādu paraugi patogēno sēņu identificēšanai. 15 simptomātisku stādu paraugi no 4 kokaudzētavām nosūtīti uz Somijas Dabas resursu institūtu LUKE. Paralēli pētījumiem LVMI “Silava” laboratorijā Somijas eksperte Anna Poimala (<https://www.luke.fi/en/experts/anna-poimala>) sagatavoja pārskatu par konstatētajiem patogēniem simptomātiskajos bērza stādos. LVMI “Silava” un Somijā iegūtie rezultāti ir līdzīgi un norāda uz vairākām potenciāli patogēnām sēņu sugām, kas noteiktos apstākļos var izraisīt bērzu galotņu kalšanu. Identificētas 3 sēņu sugas, kuras ir iesaistītas galotnes kalšanā bērzu stādiem kokaudzētavās: *Discula betulina*, *Dydimella* sp. 24 un *Fusarium avenaceum*. Šīs sēņu sugas nav izteikti patogēnas, un slimības uzliesmojumus visdrīzāk provocē vairāki faktori: siltākas vasaras un ziemas, paaugstināts mitrums, stādu augšanas blīvums, stādu vitalitāte. Vairāku sēņu sugu un tās atšķirīga bioloģija norāda uz to, kā katrai sugai var būt sava labvēlīgo faktoru kombinācija. Slimību uzliesmojumu cikliskums var būt saistīts arī ar meteoroloģiskiem faktoriem, kas rada papildu stresu bērzu stādiem.

Lai skaidrotu dažādu bērzu genotipu noturību pret patogēnu izraisītām slimībām, genotipēti mātes kloni Kalsnavas sēklu plantācijā, kā arī to pēcnācēji, rekonstruējot ģimenes un identificējot pēcnācēju iespējamus vecākus. Veikta sēklu plantāciju pēcnācēju mākslīgā inficēšana ar sēņu tīrkultūrām, nosakot katra indivīda veselības stāvokli. Identificētas ģimenes, kurām netika novēroti pēcnācēji ar slimības pazīmēm (norādītie mātes kloni) – Sun10, Bau40-19, Bau40-13, Īle3, Pr49, Īle10, Bau40-25, Gau29, Sun95-22, Vi6, Sun95-8. Ģimenes, kurām 25% vai vairāk pēcnācēji bija ar slimības pazīmēm pēc mākslīgās inficēšanas – Med36, And9, Vil2, Sv95-7, Med14, Ces18, Ces25, Ile7, Med34, And95-23, Bau40-14. No šiem 11 kloniem 9 identificēti kā iespējamie vecāki ‘full-sib’ ģimenēs, kurās konstatēti pēcnācēji ar slimības pazīmēm. Rezultāti ļāva identificēt ģimenes, kurām netika novēroti pēcnācēji ar slimības pazīmēm, kā arī klonus, kuru pēcnācējiem ir augstāks indivīdu īpatsvars ar slimības pazīmēm. Iegūtā informācija par izturību vai ieņēmīgumu pret slimībām ir izmantojama tālākajā klonu atlasē bērzu selekcijas un sēklkopības programmā kā papildus kritējs, atlasot perspektīvākos klonus pēc produktivitātes, kvalitātes un citām tradicionāli vērtētajām pazīmēm.

Pētījumā ierīkoti eksperimentālie stādījumi, kuros pārbaudīta dažādu stādu, augsnes gatavošanas un stādījumu ierīkošanas sezonas ietekme uz stādījumu kvalitāti. Eksperimenta mērķis ir testēt dažādas stādījumu ierīkošanas metodes, izvērtējot to ietekmi uz stādījumu kvalitāti un ierīkošanas izmaksā. Rezultāti apliecina, ka 1/2IS stādu (trīsgadīgi stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu) augšana (koku saglabāšanās stādījumā, augstuma pieaugumi) maz atšķiras no konvencionālo divgadīgo 1/1IS stādu augšanas. Trīsgadīgo bērza stādu saglabāšanās negatīvā augsnē ir augstāka nekā divgadīgajiem, tomēr 1/2IS stādu augstuma pieaugumi ir mazāki visos augsnes gatavošanas variantos. Ņemot vērā šo stādu eventuāli augstākās ražošanas, transportēšanas un stādīšanas izmaksas, šādu liela izmēra bērza stādu pielietošana meža atjaunošanā ir nelietderīga. Vērtējot stādīšanas sezonas (rudens vai pavasaris) ietekmi secināts, ka rudenī stādītie stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu uzrāda labāku augšanu nekā pavasara stādījumā. Bērza ietvarstādu augšana nav bijusi būtiski atšķirīga atkarībā no stādīšanas laika. Rezultāti apliecina, ka gan ietvarstādu gan kailsakņu stādu stādīšana rudenī nerada būtiskus riskus stādījumu augšanai. Astoņus gadus pēc eksperimentālo stādījumu ierīkošanas stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu uzrāda labākus augšanas rādītājus nekā ietvarstādi, apliecinot stādmateriāla kvalitātes ilgtermiņa ietekmi uz koku augšanu. Vislabāko produktivitāti stādījumos demonstrē Latvijas austrumu izcelsmes bērzi, kuri ir labāki arī pēc kvalitātīvā stumbra un zarojuma novērtējuma.

2020. gada pavasarī AS “Latvijas Finieris” īpašumos pie Ropažiem un Rendas un Lietuvā (Jonava) ierīkoti eksperimentālie stādījumi, lai pārbaudītu Latvijas (austrumu un

rietumu), Lietuvas, Igaunijas un Somijas (dienvidu reģions) izcelsmes stādu augšanu ģeogrāfiski atšķirīgos reģionos. Abi Latvijā ierīkoti eksperimenti ierīkoti lauksaimniecības zemēs, bet Lietuvā – bijušās kokaudzētavas teritorijā. Pavisam izmēģinājumos izmantotas septiņas bērza izcelsmes. Reproductīvā materiāla kategorijas Latvijas izcelsmes austrumu un rietumu sēklām – “pārāks”; Somijas izcelsmes sēklām (FI 466 un FI468) – “pārāks”; Lietuvas izcelsmes sēklām – “atlasīts” (BK1) un “uzlabots”; Igaunijas izcelsmei – “ieguves vieta zināma”. Eksperimentālajos stādījumos dažādu Baltijas jūras reģiona valstu āra bērza reproductīvā materiāla salīdzināšanai labākos rezultātus demonstrē Lietuvas izcelsme LT BK2, kas atbilst kategorijai “uzlabots” un paredzēta izmantošanai Lietuvas dienvidu daļā. Abas stādījumos izmantotās Somijas izcelsmes augšanā atpaliek no Latvijas, Lietuvas un Igaunijas izcelsmes materiāla.

Ģenētiski uzlabota meža stādmateriāla izmantošana meža atjaunošanā un ieaudzēšanā ļauj nozīmīgu uzlabot nākotnes meža vērtību. Mērķtiecīgs selekcijas darbs ar āra bērzu Latvijā norisinās jau vairāk nekā divas desmitgades, tomēr šī darba rezultātu ieviešanu praksē limitē neregulārās un sliktās sēklu ražas sēklu plantācijās. Pētījuma pārskatā apkopota literatūra par metodēm, kādas var tikt pielietotas bērzu klonu ziedēšanas veicināšanai un definēti pētījumu virzieni, kādos turpināmi pētījumi ar mērķi uzlabot sēklu ražas bērzu sēklu plantācijās.

Summary

The study aims to improve the management of birch stands and promote the use of genetically improved reproductive material in birch seedling establishment. The research, conducted in six stages, focuses on various aspects: (1) establishment of birch plantations in challenging areas (clay soils, organic soils, soils with boron deficiency); (2) investigation of the phytosanitary condition of birch planting material in nurseries; (3) genetic studies of birch (evaluation of clones in seed plantations, selection of vital clones); (4) opportunities to improve the quality of birch seedlings and their planting technologies; (5) establishment and evaluation of birch provenance trials; (6) exploration of possibilities to promote the flowering of birch clones for seed yield improvement in seed orchards.

The study confirms that silver birch can achieve high productivity in both heavy clay soils and drained organic soils. Planting silver birch can create productive birch stands in areas where downy birch would otherwise dominate due to natural regeneration. Results support findings by Finnish scientists that, in suitable conditions, downy birch is less productive and of lower quality than silver birch. In heavy clay soils with poor soil drainage, the mound method is recommended for soil preparation. Silver birch can also be planted in fertile peatlands with well-functioning water drainage; however, questions remain regarding the productivity and vitality of silver birch in deep organic soils. In-depth research is needed on the impact of nutrients (including microelements) on the growth of silver birch in peat soils.

Boron is mentioned as a microelement with the most significant impact on tree growth. Its deficiency can cause various anatomical, physiological, and biochemical changes affecting tree development. An experiment conducted by the Latvian State Forest Research Institute (LVMI “Silava”) did not confirm a significant positive effect of boron, nitrogen, or ash fertilization on the productivity of birch seedlings in an area where boron deficiency was identified. Targeted boron fertilization of birch seedlings in Latvian conditions is likely not economically justified. However, considering the use of ash for soil improvement in tree plantations, regions more prone to boron deficiency, according to soil mapping data, should be prioritized for such measures. Ash contains various microelements, including boron, and its application can have positive effects not only on birch but also on the growth of other tree species.

The study investigates the causes of tree damage in birch seedlings in areas managed by the “Latvia’s State Forests” company. Reports of damaged trees in the Livberze district were first received in 2018. The damaged trees exhibited similar signs - damage to the stem base resulting in their breaking. Since most of the fallen trees had been on the ground for more than a season, determining the cause of the damage was impossible, as the fallen trunks were mostly in a decayed stage. The question of the causes of birch damage was raised again in 2021 when new damaged birch seedlings were identified in the Livberze district and reports were received from other “Latvia’s State Forests” districts. The examination of damaged trees does not indicate that the observed damage to birch root collars or root systems could have a pathological origin. Most likely, the damage was caused by mechanical impact. The nature of the damage and the fact that most of the damaged trees grew in drained areas or places with high groundwater levels suggest that they may have been caused by water voles (*Arvicola terrestris*). The observed damages to birch saplings are mainly local and do not significantly reduce the value of the stand. The results of stand inspections confirm that the number of birch trees in damaged stands is only slightly lower compared to control (undamaged) stands. Damage caused by water voles should be considered as an additional risk factor when planning birch seedling establishment in drained areas, areas with high groundwater levels, and organic soils.

Based on observations of damage to birch planting material roots and shoots in the fall of 2020, inspections were conducted at the “Latvijas Finieris” and “Latvijas Valsts Meži” nurseries. The intensity of damage to birch planting material was assessed, and samples of symptomatic plants were collected for the identification of pathogenic fungi. Fifteen symptomatic plant samples from four nurseries were sent to the LUKE Natural Resources Institute in Finland. In parallel with studies in the LVMI “Silava” laboratory, Finnish expert Anna Poimala prepared a report on the identified pathogens in symptomatic birch seedlings. The results obtained in Latvia and Finland are similar and indicate several potentially pathogenic fungal species that, under certain conditions, can cause shoot dieback in birch seedlings. Three fungal species involved in shoot dieback of birch seedlings in nurseries were identified: *Discula betulina*, *Dydimella* sp. 24, and *Fusarium avenaceum*. These fungal species are not highly pathogenic, and disease outbreaks are likely triggered by multiple factors, including warmer summers and winters, increased humidity, plant density, and plant vitality. The presence of various fungal species and their distinct biology suggests that each species may have its combination of favorable factors. The cyclical occurrence of disease outbreaks may also be related to climate change, which imposes additional stress on birch seedlings.

To explain the resistance of different birch genotypes to diseases caused by pathogens, mother clones in the Kalsnava seed plantation were genotyped, as well as their progenies, by reconstructing families and identifying possible parents of progenies. Artificial inoculation of seed plantation progenies with fungal cultures was performed to determine the health status of each individual. Families without disease symptoms (indicated mother clones) – Sun10, Bau40-19, Bau40-13, Īle3, Pr49, Īle10, Bau40-25, Gau29, Sun95-22, Vi6, Sun95-8. Families with 25% or more individuals showing disease symptoms after artificial inoculation – Med36, And9, Vil2, Sv95-7, Med14, Ces18, Ces25, Ile7, Med34, And95-23, Bau40-14. Out of these 11 clones, 9 were identified as possible parents in 'full-sib' families where descendants with disease symptoms were observed. The results allowed the identification of families without disease symptoms and clones whose progenies have a higher proportion of individuals with disease symptoms. The information obtained on resistance of tested clones to diseases can be used in further selection of clones in birch breeding and seed production programs as an additional criterion when selecting the most promising clones based on productivity, quality, and other traditionally evaluated traits.

The study includes experimental plantations to test the influence of different stands, soil preparation, and planting season on establishment success. The goal of the experiment is to test various planting methods, evaluating their impact on establishment quality and establishment costs. The results show that the growth of 1/2IS seedlings (three-year-old plug+2 seedlings) in a field performance (tree survival, height increments) does not significantly differ from the growth of conventional two-year-old 1/1IS seedlings. The survival of three-year-old birch seedlings in unprepared soil is higher than that of two-year-old, but height increments of 1/2IS seedlings are lower in all soil preparation variants. Considering the potentially higher production, transportation, and planting costs of such large birch seedlings, their use in forest regeneration is impractical. Evaluating the impact of planting season (autumn or spring), it was concluded that seedlings planted in the autumn show better growth than those planted in the spring. The growth of birch container seedlings has not been significantly different depending on the planting time. The results demonstrate that both containerized and bare-root seedling planting in the autumn poses no significant risks to seedling growth. Eight years after the establishment of experimental plantations, plug+1 seedlings show better growth indicators than containerized seedlings, confirming the long-term impact of seedling material quality on tree growth. The best productivity in plantations is demonstrated by birches of Eastern Latvian origin, which are also better according to the qualitative assessment of trunks and branches.

In the spring of 2020, experimental plantations were set up on properties owned by “Latvijas Finieris” near Ropazi and Renda, as well as in Lithuania (Jonava), to test the growth of birch trees of Latvian (Eastern and Western), Lithuanian, Estonian, and Finnish (Southern region) origin in geographically different regions. Both experiments in Latvia were set up on agricultural land, while in Lithuania, they were established on the territory of a former nursery. Seven birch origins were used in the experiments. Reproductive material categories for Latvian Eastern and Western origin seeds – “tested”; for Finnish origin seeds (FI 466 and FI468) – “tested”; for Lithuanian origin seeds – “selected” (BK1) and “tested”; for Estonian origin – “source identified”. In experimental stands, the best results for birch reproductive material from different Baltic Sea region countries were demonstrated by Lithuanian origin LT BK2, which corresponds to the “tested” category and is intended for use in the southern part of Lithuania. Both Finnish origin materials used in the stands lag behind Latvian, Lithuanian, and Estonian origin material.

The use of genetically improved forest planting material in forest regeneration and afforestation allows for a significant improvement in future forest values. Purposeful selection work with silver birch in Latvia has been ongoing for more than two decades. However, the implementation of the results of this work in practice is limited by irregular and poor seed yields in seed plantations. The literature on methods that can be applied to promote the flowering of birch clones is summarized in the overview of the study, and research directions are defined for further studies aiming to improve seed yields in birch seed plantations.

Bora koncentrācijas augsnē ietekme uz bērza augšanu stādījumos

Bora ietekme un kokaudžu kvalitāti un produktivitāti – literatūras apskats

Pirmie pētījumi par bora ietekmi uz augu minerālo barošanas datējami jau ar iepriekšējā gadsimta sākumu (Warington, 1923), tomēr tieši pēdējās desmitgadēs iegūtās jaunās zināšanas veidojušas lielāku izpratni par šī mikroelementa nozīmi augu attīstībā. Pasaules mērogā ziņojumi par bora deficītu augsnē ir vairāk nekā par jebkādu citu mikroelementu – Shorrocks (1997) apkopojis ziņojumus no 80 valstīm par 132 kultūrām, kurām konstatēts bora deficīts. Mūsu reģionā (Baltijas valstis, Baltkrievija, Krievijas rietumu reģioni) kā augsnes ar izteiktu bora deficītu minētas *Podzoluvisols* un *Luvvisols* augsnes. Bora deficīts ir ļoti izplatīts vieglās, smilšainās augsnēs, kur bors, kas ir ūdenī viegli šķīstoša viela, viegli aizplūst pa augsnes profilu un kļūst nepieejams augiem. Salīdzinājumā ar citiem mikroelementiem, tieši bora deficīts pasaules mērogā tiek uzskatīts par kokaugu augšanu visvairāk ietekmējošiem (Shorrocks, 1997).

Bors paaugstina ne tikai kokaugu ražību (produktivitāti), bet arī ietekmē stumbru kvalitāti. Bora deficīts var izraisīt vairākas anatomiskās, fizioloģiskās un bioķīmiskās izmaiņas, kas ietekmē to turpmāko attīstību (Blevins and Lukaszewski, 1998). Bora trūkums kavē audu veidošanos un līdz ar ietekmē augšanas ātrumu, pasliktina stumbra kvalitāti, palielina neauglīgu augļu un sēkļu veidošanos, kā arī aizkavē fotosintēzes procesu un cukuru pārvietošanos (Brown et al., 2002).

Kā tipiskākie bora deficīta simptomi kokaugiem parasti tiek minēti galotnes dzinuma bojājumi un vainaga noapaļošanās jeb “krūmveida” galotnes veidošanās (Sutinen et al., 2006). Tomēr primārie bojājumi meklējami pazemē – bora deficīta rezultātā tiek traucēta sakņu augšana. Sākotnēji deficīta simptomi augsnēs ar zemu bora koncentrāciju var pat neuzrādīties. Augšanas traucējumi nereti parādās pēkšņi, kad bojātās sakņu sistēmas rezultātā koku augšana sāk stagnēt un parādās raksturīgās noapaļotās galotnes (Lehto et al., 2010). Ir eksperimentāli apstiprināts, ka bora deficīta rezultātā egle pastiprināti cieš no sala un salnu bojājumiem (Räisänen et al., 2007; Räisänen et al., 2009) un pastāv uzskats, ka arī citām koku sugām bora trūkums ietekmē salciētības veidošanos, tajā skaitā – bērzam (Ruuhola et al., 2011).

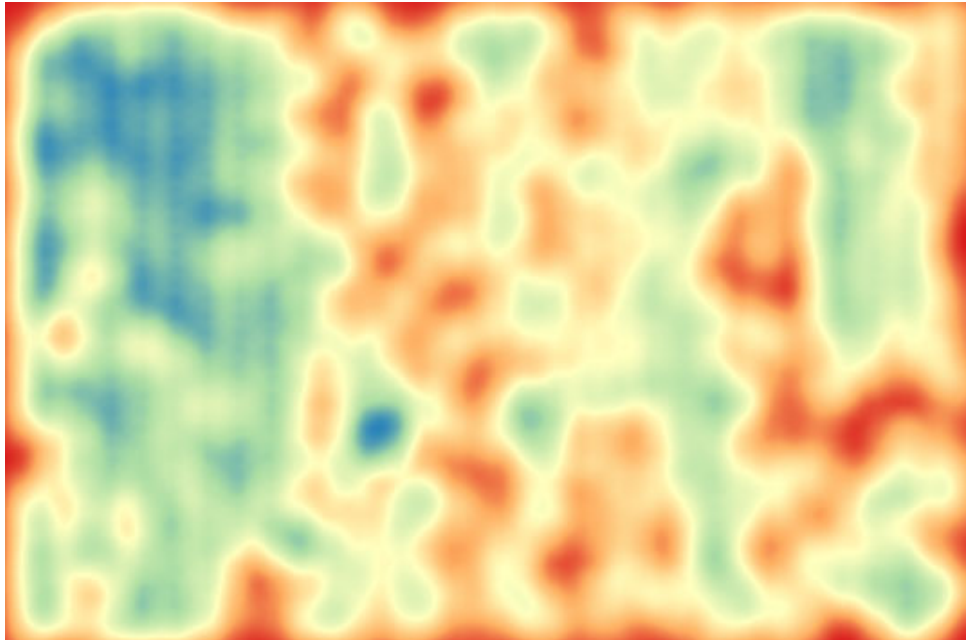
Aptuveni 35% no augsnēm Eiropā ir ar zemu bora saturu. (Shorrocks, 1997). Liels nokrišņu daudzums, jo īpaši nosusinātajās augsnēs un skābās augsnēs, pastiprina bora izskalošanos. Bora saturs minerālaugsnēs atkarīgs no cilmieža sastāva. Latvijā zemākā bora koncentrācija ir smilts augsnēs (2–4 ppm), bet augstākā māla augsnēs (9 ppm) (Gilucis and Segliņš, 2003).

Lai raksturotu kāda noteikta minerālās barošanās elementa pieejamību, kokaugiem visbiežāk elementa koncentrāciju nosaka ar skuju vai lapu analīžu palīdzību. Somijā un Zviedrijā veiktos pētījumos ir apstiprināts, ka par bora deficītu eglei un priedei var spriest, ja šī elementa koncentrācija skujās ir mazāka par 4 mg kg⁻¹. Diemžēl attiecībā uz bērzu nav izdevies noteikt šādu precīzu robežvērtību, jo ir konstatēts, ka kokiem ar normālu augšana bora saturs lapās ir bijis 6 mg kg⁻¹, tajā pat laikā kokiem ar koncentrāciju 15 mg kg⁻¹ ir vērojamas izteiktas bora deficīta pazīmes (Lehto et al., 2010).

No mežsaimnieciskā viedokļa svarīga ir atziņa, ka mēslošanas rezultātā bora koncentrācija lapās un skujās palielinās ļoti strauji un pozitīvais efekts saglabājas pat vairākas desmitgades (Lehto et al., 2010).

Pilotpētījums Rēzeknes novadā

Objekts. Mūsu pētījuma mērķis ir meklēt skaidrojumu bērzu nevienmērīgajai augšanai eksperimentālajā stādījumā Rēzeknes novadā. Stādījums ierīkots AS “Latvijas Finieris” piederošā platībā 2011. gada pavasarī un tajā pārbaudīta bērza ietvarstādu un stādu ar uzlabotu sakņu sistēmu augšana atkarībā no pielietotajiem agrotehniskajiem pasākumiem – augsnes gatavošanas paņēmiena, agrotehniskās kopšanas un mēslošanas. Neskatoties uz vizuāli viendabīgajiem augšanas apstākļiem, koku augšana izmēģinājuma platībā ir ļoti nevienmērīga un datu analīze norāda, ka atšķirības koku augšanā nav skaidrojamas tikai ar izmēģinājumā pārbaudāmajiem faktoriem.



1. att. Koku augstumu atšķirības izmēģinājumu stādījumā; augstumu interpolācijas solis 2,5 m. Tumši sarkans – koki iznīkuši (augstums 0 m), tumši zils – koku augstums 8,5–10 m.

Stādījums ierīkots regulārā stādīšanas shēmā (2×2 m), kas ļauj platībā vizualizēt koku augstumu atšķirības (1. att.). Vizualizācijā skaidri iezīmējas laukumi, kuros koku augšana ir izteikti sliktāka un, visdrīzāk, skaidrojama ar augsnes īpašībām. Koku augšanu stādījumā var ietekmēt gan augsnes granulometriskais sastāvs, gan augsnes aerācija un barības elementu nodrošinājums, tomēr vairākiem kokiem konstatētas pazīmes, kuras, atbilstoši literatūras avotiem, varētu liecināt par bora deficītu (2. att.). Bijušo lauksaimniecības zemju platībās Rēzeknes novada Gaigalavas pagastā AS “Latvijas Finieris” ir ierīkojuši stādījumus vairāku simtu hektāru platībā un koki ar līdzīgām pazīmēm ir konstatēti arī citos nogabalos.



2. att. Koks ar izteikti noapaļotu (krūmveida) galotni izmēģinājuma stādījumā Rēzeknes novadā.

Lapu analīžu veikšana. Bora koncentrācijas noteikšanai bērzu lapās 2018. gada 5. septembrī bērzu stādījumā Rēzeknes novadā ievākti lapu paraugi 20 kokiem. Paraugu ievākšanas laikā koki tika vizuāli dalīti divās grupās (turpmāk – vitalitātes grupas) – koki ar noapaļotām galotnēm (turpmāk – stagnējoši) un koki ar labi attīstītiem vainagiem (turpmāk – vitāli). Paraugkoku izvēle bija randomizēta un tie izvēlēti gan labi, gan slikti augušās audzes daļās (1. att.). Paraugkoki izvēlēti tā, lai vienādās daļās tiktu pārstāvēti gan vizuāli vitāli koki, gan tie, kuriem vērojama galotnes noapaļošanās. Pēc ievākšanas lapu paraugi ievietoti aukstumkastē un 6. septembrī nogādāti BIOR Pārtikas un vides izmeklējumu laboratorijā, kur laika posmā no 6. līdz 25. septembrim veikta to analizēšana atbilstoši metodei BIOR-T-012-148-2013. Analīžu rezultātus raksturojoši lielumi (vidējās vērtības, izkliedes rādītāji) dotas Tabula 1.

Tabula 1

Bora analīžu raksturojošie rādītāji bērzu lapu paraugiem

Aritmētiskais vidējais ± standartnov.	Modālā vērtība	Minimālā vērtība	Maksimālā vērtība
8,6 ± 1,3 mg kg ⁻¹	10,2 mg kg ⁻¹	6,5 mg kg ⁻¹	11,4 mg kg ⁻¹

Datu analīzes metodes. Datu apstrāde veikta ar regresijas analīzes palīdzību. PROBIT analīze veikta, lai vērtētu iespēju izmantot bora koncentrāciju kā pazīmi, lai prognozētu paraugkoku iedalījumu vitalitātes grupās. Lineārā regresijas analīze pielietota, lai pētītu bora koncentrācijas lapās ietekmi uz analizēto koku produktivitāti.

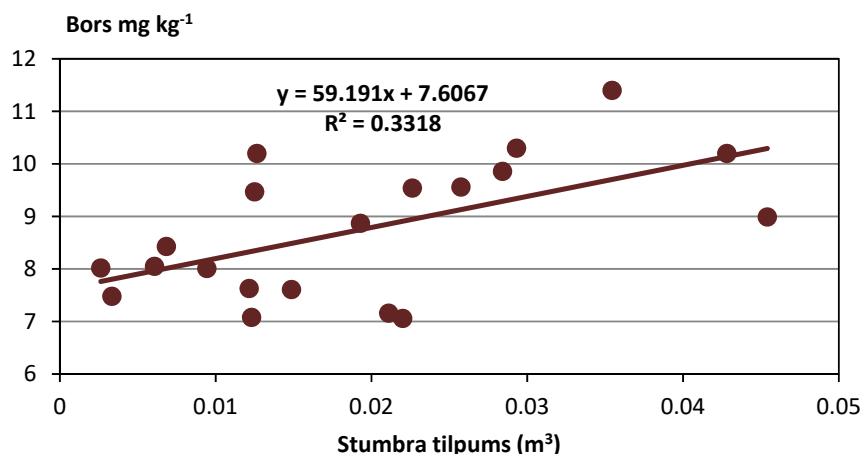
Rezultāti un diskusija. Bora koncentrācija eksperimentālajā stādījumā ievāktajiem paraugkoku lapu paraugiem variē robežās no 6,5 mg kg⁻¹ līdz 11,4 mg kg⁻¹ modālajai šī parametra vērtībai sasniedzot 10,2 mg kg⁻¹. Mūsu rīcībā nav informācijas, ka Latvijā iepriekš

ir bijuši mēģinājumi novērtēt šī mikroelementa koncentrāciju bērza lapās, līdz ar to šobrīd nav citu references datu, kas ļautu apgalvot, ka mūsu rezultāti apliecina bora deficītu stādījumā. Arī citās valstīs veiktajos pētījumos nav skaidri definētas bērzam kritiskās bora koncentrācijas vērtības lapu paraugos, kas varētu liecināt par šī mikroelementa deficītu vai pārbagātību. Mūsu pētījumā iegūtās bora koncentrācijas vērtības lapās pārsniedz 4 mg kg⁻¹, kas ir noteikta kā robežvērtība, kura raksturo deficītu priedes un egles kokaudzēs.

Tabula 2

PROBIT modeļa parametru tabula

Modeļa parametrs	Parametra vērtība	Standartklūda	t	p-vērtība
Konstante	0,07	1,877	0,037	0,97
Bors	0,027	0,215	0,125	0,9



3. att. Lineārā sakarība starp bora koncentrāciju koku lapās un stumbru tilpumu paraugkokiem bērzu stādījumā Rēzeknes novadā.

Mūsu mēģinājums ar PROBIT regresijas metodi prognozēt paraugkoku iedalījumu vitāli augošajos un stagnējošos kokos, atkarībā no bora koncentrācijas to lapās, ir bijis neveiksmīgs – augstās *p* vērtības (Tabula 2) norāda, ka izveidotā modeļa parametriem nav būtiskas ietekmes uz prognozētajām vērtībām (piederībai vienai vai otrai vitalitātes klasei). Tomēr mūsu dati norāda, ka kokiem ar lielākajiem stumbriem bora koncentrācija lapās ir lielāka (3. att.). Tas varētu norādīt, ka šī mikroelementa pieejamībai varētu būt pozitīva ietekme uz bērza stādījumu produktivitāti, tomēr jāņem vērā, ka šī hipotēze balstīta uz ļoti nelielu novērojumu skaitu.

Kokaudžu atlase mēslošanas eksperimenta ierīkošanai

Pētījuma vajadzībām atlasīti 3 bērza stādījumi (koku vidējais augstums 3 līdz 6 metri, augšanas apstākļi viendabīgi, koku saglabāšanās laba) reģionos, kuros augsnēs raksturīgs bora deficīts¹. Katrā no augsnēm ievākti augsnes paraugi atbilstoši Valsts augu aizsardzības dienesta

¹ Gilucis A., Segliņš V. 2003. Latvijas ģeokīmijas atlants. Augšņu ģeokīmiskās kartes. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, 88 lpp.

ieteiktajai metodikai². Visiem augsnes paraugiem noteikta bora koncentrāciju. Eksperimenta ierīkošanai izvēlēta platība ar vismazāko B koncentrāciju augsnē.

Augsnes analīzes bora koncentrācijas noteikšanai ievāktas Zemgales reģionā Īles iecirknī 606. kv.apg. 152. kv. 51. nog., 607. kv.apg. 19. kv. 52. nog. un Vidusdaugavas reģionā Bauskas iecirknī 509. kv.apg. 106. kv. 10. nog. Visos objektos apstiprinājās, ka bora koncentrācija augsnē ir ļoti zema – attiecīgi 0,7 mg kg⁻¹, 0,6 mg kg⁻¹ un 1,1 mg kg⁻¹. Eksperimenta ierīkošanai izvēlēts bērza stādījums Īles iecirknī (607. kv.apg. 19. kv. 52. nog.). Šajā nogabalā atkārtoti ievākti augsnes paraugi, kuriem veiktas pilnas agroķīmiskās analīzes.

Platība dalīta četros blokos; katrā no blokiem izvēlēti 40 valdaudzes koki, ap kuriem individuāli izklidēti mēslošanas līdzekļi. Minimālais attālums starp kokiem – 4 m. Pielietojamie mēslošanas varianti (1) bors 2 kg ha⁻¹; (2) bors 4 kg ha⁻¹; (3) koksnes pelni 2,5 t ha⁻¹; (4) slāpeklis 200 kg ha⁻¹ + bors 2 kg ha⁻¹. Katrā no blokiem izvēlēti 10 koki katram no izmēģinājuma variantiem, koku izvietojums randomizēts. Katrā blokā atzīmēti 10 kontroles koki, ievērojot iepriekš definēto 4 m minimālo attālumu no apstrādātajiem kokiem. Visi koki marķēti individuāli ar etiķetēm.

Bērzu mēslošana ar boru un slāpekli veikta 2019. gada jūlija sākumā. 2020. gada 3. jūnijā platībā izklidēti pelni (manuāli ap katru koku 1 m² platībā), nodrošinot devu 2,5 tonnas pelnu uz ha. Pirms eksperimenta ierīkošanas pelniem LVMI “Silava” Vides laboratorijā noteikta fosfora un mikroelementu koncentrācija. Atbilstoši analīžu rezultātiem, ar pelnu izkliedi mēslojamiem kokiem nodrošināta deva: bors 0,57 kg ha⁻¹, fosfors 25,5 kg ha⁻¹.

2019. gada rudenī veikts apstrādāto koku kontrolmērījums, kurš vēlāk izmantots kā atsaites punkts koku individuālo pieaugumu analīzei. Sākotnēji atlasīto koku morfometriskie parametri dalījumā pa eksperimenta variantiem ir praktiski identiski (Tabula 3).

Tabula 3

Uzmērīto koku parametri 2019. gada rudenī

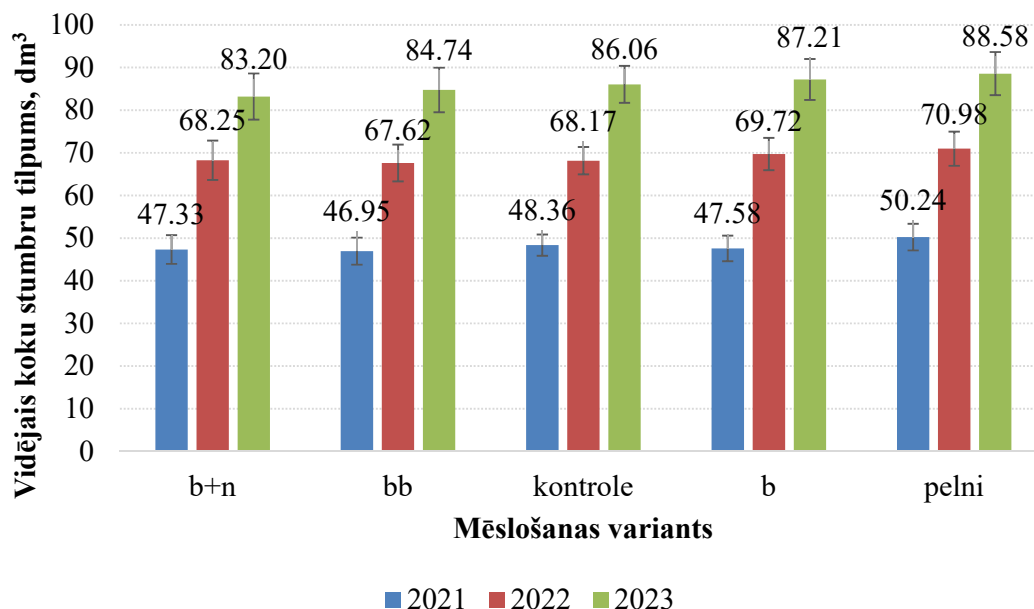
Mēslošanas veids	Koku skaits	g (m ²)	D (cm)	H (m)
Bors 2 kg ha ⁻¹	40	0,005699	8,52	8,96
Bors 4 kg ha ⁻¹	40	0,005733	8,54	8,98
Bors + slāpeklis	40	0,005694	8,51	8,97
Pelni	40	0,005700	8,52	8,97
Kontrole	40	0,005702	8,52	8,97
Vidēji	40	0,005706	8,52	8,97

Koku augstums un krūšaugsstuma caurmērs eksperimentā mērīti katru gadu sākot no ierīkošanas gadā līdz 2023. gadam. Mēslošanas efekts uz koku augšanu novērtēts, pa eksperimenta variantiem salīdzinot aprēķināto koku stumbru tilpumu un ikgadējo stumbra tilpuma pieaugumu.

Rezultāti

Piecus gadus pēc eksperimenta ierīkošanas vidējais koku stumbru tilpums ir līdzīgs, variējot no 83,20 līdz 88,58 dm³ dažādiem mēslošanas variantiem (4. att.). Datu statistiskā analīze apliecina, ka starp vidējiem koku stumbru tilpumiem dalījumā pa dažādiem mēslošanas variantiem, nepastāv statistiski būtiskas atšķirības. Nedaudz labākus vidējos (gan stumbra tilpums, gan caurmērs un koka augstums) uzrāda koki, kuri mēsloti ar koksnes pelniem.

² <http://www.vaad.gov.lv/sakums/augu-aizsardziba/laboratorijas/agrokimijas-laboratorija.aspx>



4. att. Vidējais koku stumbra tilpums ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) dalījumā pa mēslošanas variantiem³.

Piecu gadu periods, kurā veikts koku monitorings pēc eksperimenta ierīkošanas nav pietiekošs laiks, lai pilnībā novērtētu efektu, kādu sniedz bērzu mēslošana, tomēr atbilstoši, lai iezīmētos augsnes ielabošanas radītās tendences uz koku pieaugumiem. Eksperiments neapstiprina, ka kāds no variantiem būtu pozitīvi ietekmējis koku pieaugumus piecu gadu periodā. Zīmīgi, ka koku augšanu nav būtiski ietekmējis ne bora, ne arī slāpekļa mēslojums. Koksnes pelni satur vairākus kokaugu attīstībai būtiskus minerāl elementus, arī fosforu. Lai arī pēc mēslošanas parādījās neliela tendence palielināties koku pieaugumiem ar pelniem uzlabotajā variantā, tomēr turpmākajos gados koku augšana neuzrādīja būtiskas izmaiņas, salīdzinājumā ar pārējiem variantiem.

Eksperiments neuzrāda būtisku pozitīvu bora, slāpekļa vai pelnu mēslojuma ietekmi uz bērzu stādījumu produktivitāti stādījumā minerālaugsnē. Jāatzīmē, ka izmēģinājums ierīkots tikai vienā platībā.

Organisko augšņu apmežošana ir viena no aktivitātēm ar mūsu apstākļos potenciāli vislielāko ietekmi zemes izmantošanas, zemes izmantošanas maiņas un mežsaimniecības sektorā, lai uzlabotu siltumnīcas efektu izraisošo gāzu bilanci. Ātraudzīgi un produktīvi bērza stādījumi meliorētās organiskās augsnēs ir viens no veidiem, kā panākt samērā ātru oglekļa piesaisti šādās platībās. Nepieciešams turpināt pētījumus par minerālās barošanas uzlabošanu bērza stādījumos organiskās augsnēs, kas ir būtiski šo mežsaimniecībai problemātisko platību apsaimniekošanā ne vien koksnes ražošanas, bet arī klimata pārmaiņu mazināšanas aspektā.

Secinājumi

Eksperiments neapstiprina būtisku pozitīvu bora, slāpekļa vai pelnu mēslojuma ietekmi uz bērzu stādījumu produktivitāti stādījumā minerālaugsnē. Izmēģinājumā nav gūts apstiprinājums bērza stādījumu mēslošanas lietderībai platībās, kurās konstatēts bora deficīts augsnē. Ja nākotnē tiek apsvērta pelnu izmantošana augsnes ielabošanai koku stādījumos,

³ b – bors 2 kg ha⁻¹; bb – bors 4 kg ha⁻¹; bn – bors + slāpekļlis.

reģioni, kuri, atbilstoši augšņu kartēšanas datiem ir vairāk pakļauti bora deficīta riskam, varētu būt prioritāri.

Nemot vērā organisko augšņu apmežošanas nepieciešamību, kura aktualizējusies klimata pārmaiņu mazināšanas pasākumu sakarā, turpināmi pētījumi par bērzu minerālās barošanās uzlabošanu organiskajās augsnēs.

Literatūra

- Blevins D.Ga., Lukaszewski K.M. 1998. Boron in plant structure and functions. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 49: 481-500.
- Brown P.H., Bellaloui N., Wimmer M.A., Bassil E.S., Ruiz J., Hu H., Pfeffer H., Dannel F., Römheld V. 2002. Boron in plant biology. Plant Biology, 4: 205-223.
- Gilucis A., Segliņš V. 2003. Latvijas ģeoķīmijas atlants. Augšņu ģeoķīmiskās kartes. Rīga, Valsts ģeoloģijas dienests, 88 lpp.
- Lehto T., Ruuhola T., Dell B. 2010. Boron in forest trees and forest ecosystems. For. Ecol. Manag., 260: 2053-2069.
- Räisänen M., Repo T., Lehto T. 2007. Cold acclimation was partially impaired in boron deficient Norway spruce seedlings. Plant and Soil, 292: 271-282.
- Räisänen M., Repo T., Lehto T. 2009. Cold acclimation of norway spruce roots and shoots after boron fertilization. Silva Fenn., 43: 223-233.
- Ruuhola T., Keinänen M., Keski-Saari S., Lehto T. 2011. Boron nutrition affects the carbon metabolism of silver birch seedlings. Tree Physiology., 31: 1251-1261.
- Shorrocks V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. Plant and Soil, 193: 121-148.
- Sutinen S., Vuorinen M., Rikala R. 2006. Developmental disorders in buds and needles of mature Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst., in relation to needle boron concentrations. Trees, 20: 559.
- Warington K. 1923. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants Annals of Botany, os-37: 629-672.

Koku bojāejas iemeslu izpēte stādītās bērza jaunaudzēs

Situācijas raksturojums

Pirmie ziņojumi par bojā gājušiem kokiem bērzu stādījumos AS “Latvijas valsts meži” (LVM) Līvberzes iecirknī saņemti 2018. gadā. Bojātajiem kokiem novērotas līdzīgas pazīmes – kokiem konstatēti stumbru bojājumi pie sakņu kakla, kā rezultātā tie nolūzuši. Ņemot vērā, ka lielākā daļa no bojāgājušiem kokiem bija gulējuši zemē jau vairāk nekā sezonu, bojājumu cēloni noteikt bija neiespējami, jo nogāztie stumbri lielākoties jau atradās kritalu stadijā.

Jautājums par bērzu bojāejas iemesliem aktualizēts 2021. gadā, kad konstatēti gan jauni bojāti bērzu stādījumi Līvberzes iecirknī, gan saņemti ziņojumi no citiem LVM iecirkņiem. 2021. gada vasarā bojātajās audzēs izrakti bērzu celmi ar sakņu sistēmu, lai mēģinātu identificēt iespējamās sakņu sistēmas bojājumus vai to deformāciju. Nekādas pazīmes, kas liktu domāt par sakņu sistēmas attīstības traucējumiem stādīšanas rezultātā vai stādu sakņu morfoloģijas īpatnībām, netika konstatētas.

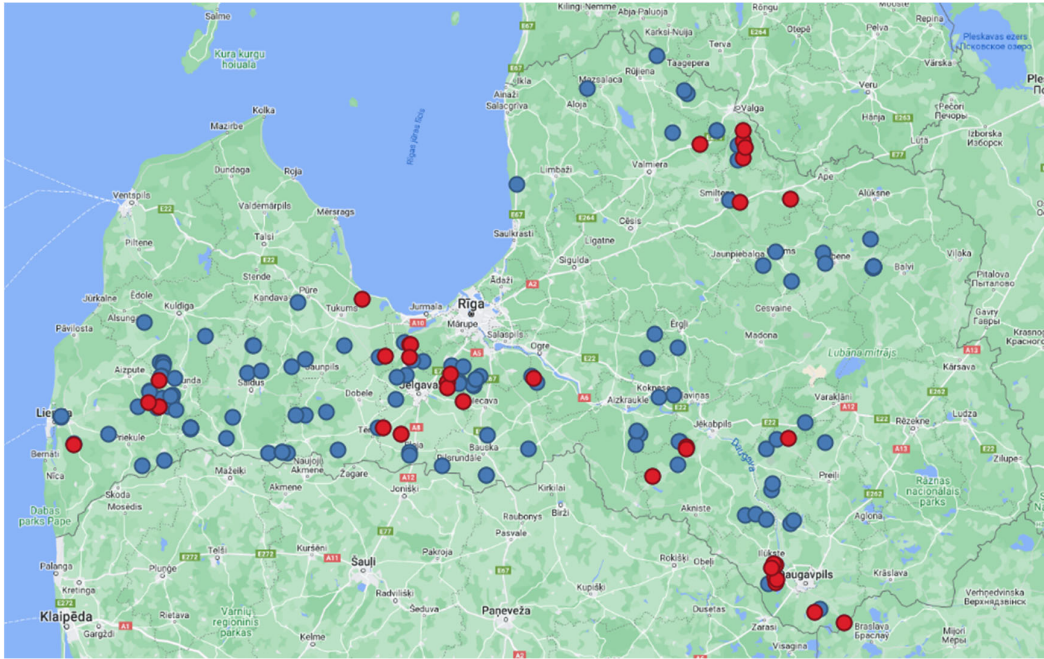
Atbilstoši pētījuma partnera AS “Latvijas Finieris” sniegtajai informācijai – uzņēmuma īpašumā esošajās platībās bērza stādījumos nav konstatēti bojā gājuši koki, kuriem būtu raksturīgās iepriekš aprakstītās bojājumu pazīmes.

AS “Latvijas valsts meži” darbinieku veiktās bērzu stādījumu apsekošanas rezultāti

LVM reģionālie darbinieki 2021. gadaā veica stādīto bērzu jaunaudžu apsekošanu un reģistrējuši jaunaudzes, kurās konstatēti bērzi ar raksturīgiem stumbru pamatnes bojājumiem.

Bojāti bērzi reģistrēti gan meža zemēs, gan bijušajās lauksaimniecības zemēs ierīkotos stādījumos. Trīs gadījumos izgāzti bērzi konstatēti arī dabiskas izcelsmes jaunaudzēs. Kopā apsekotas 172 bērzu jaunaudzes (5. att.), no kurām 38 audzēs (kartē attēlotas ar sarkanu krāsu) konstatēti stumbru bojājumi pie sakņu kakla, kā rezultātā koki nolūzuši vai izgāzušies. Lielākoties bērzu jaunaudzēs bojāto koku apjoms ir neliels – līdz 5 kokiem, bet apmēram 3% gadījumos audzēs izkritušo koku skaits reģistrēts lielāks par 10 kokiem. Apsekotie bērzu stādījumi un, līdz ar to, arī bojātās bērzu jaunaudzes ir lielākoties lokalizētas vairākās grupās. Apsekotās jaunaudzes lokalizētas Dienvidkurzemē (Aizpute, Saldus), Zemgalē (Jelgava, Bauska, Dobele), Vidusdaugava un Dienvidlatgale (Daugavpils, Jēkabpils, Koknese), kā arī Ziemeļvidzemē (Valka, Smiltene). Vien daži stādījumi apsekoti Vidzemes centrālajā daļā. Ziemeļkurzemē (Talsi, Ventspils) un Austrumlatgalē (Rēzekne, Krāslava, Ludza) datu par bērzu stādījumu apsekošanu nav.

Bērzu jaunaudzēs bojātie koki konstatēti dažādos mežu tipos – gan sausieņos un slapjajņos, gan purvainos un meliorētajos meža tipos (Tabula 4). Lielāks bojāto audžu īpatsvars novērots purvainu meža tipos – 57%, savukārt vismazākais bojāto audžu īpatsvars reģistrēts slapjajņu meža tipos – 9,1%. Tomēr jāatzīmē, ka šajās meža tipu grupās apsekoti ir tikai attiecīgi 7 un 11 bērzu nogabali, līdz ar to audžu apsekošanas dati var pilnībā neatspoguļot reālo situāciju ar bojājumiem bērzu stādījumos. Lielākais īpatsvars no apsekotajiem nogabaliem ir sausieņu mežos (Vr, Dm) un vidēji katrā piektajā apsekotajā bērzu jaunaudzē novēroti pie sakņu kakla nolūzuši koki.



5. att. AS "Latvijas valsts meži darbinieku apsekotās bērzu jaunaudzes 2022. gadā. Zilas krāsas punkti – izkrituši koki nav konstatēti; sarkanas krāsas punkti – konstatēti izkrituši koki.

Tabula 4

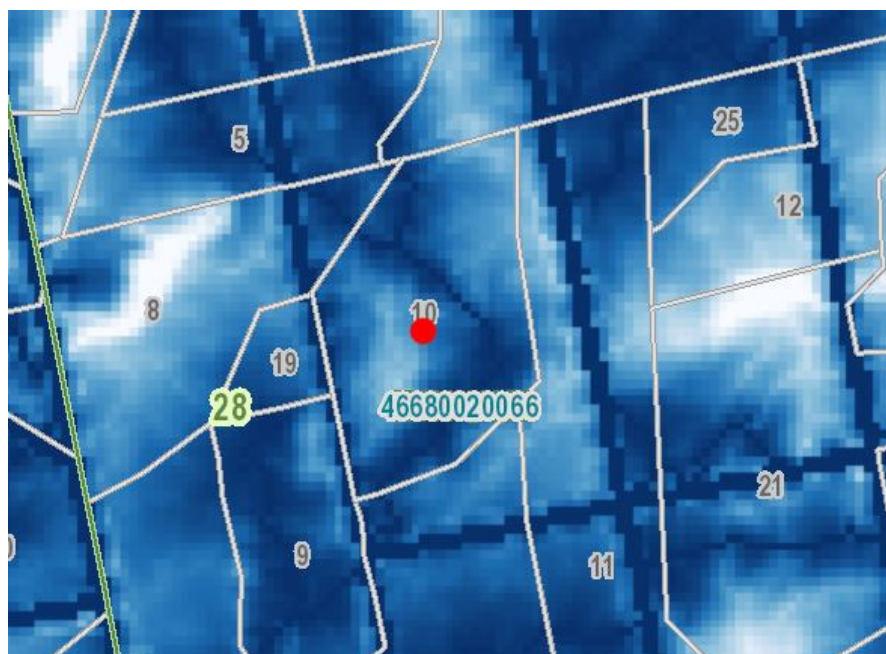
Apsekota bērza jaunaudžu raksturojums daļījumā pa meža tipiem un to grupām

Grupa	Meža tips	Bojātas audzes	Apsektas audzes	Bojāto audžu īpatsvars, %	
Sausieņu meži	Dm	10	46	21,7	19,1
	Vr	6	33	18,2	
	Gr	1	5	20,0	
Slapjainu meži	Dms	1	5	20,0	9,1
	Grs	0	1	0	
	Vrs	0	5	0	
Āreņi	Ap	2	9	22,2	29,7
	As	9	28	32,1	
Kūdreņi	Kp	3	20	15,0	15,2
	Ks	2	13	15,4	
Purvainu meži	Db	2	2	100,0	57,1
	Nd	2	4	50,0	
	Pv	0	1	0	

Tabula 5

Apsekoto bērza audžu taksācijas rādītāju salīdzinājums

	Vecums, gadi	Augstums, m	Caurmērs, cm	Bērzu skaits, ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
Bojātās audzes	10,8	6,3	6,1	1324	21,0
Nebojātās audzes	10,8	6,2	5,8	1374	25,8



6. att. Bērzu jaunaudze (Līvberzes iecirknis), kurā konstatēti bojāti koki – attēls no gruntsūdens dziļuma kartes.

Vidējais koku skaits un vidējais stādījumu vecums nogabalos, kuros reģistrēti bojātie koki, un pārējos nogabalos ir gandrīz identisks (

Tabula 5). Nelielas atšķirības starp abām jaunaudžu grupām vērojamas, salīdzinot koku vidējo caurmēru un krāju. Šie rādītāji tomēr ir ņemti no datu bāzes un visdrīzāk atšķiras, jo bojāto audžu grupā ir lielāks purvaiņu nogabalu skaits.

Bojāto bērzu nogabalu atrašanās vietas atliktas uz LVM GEO sistēmā pieejamās gruntsūdeņu dziļumu karte. Pārliciecināši lielākajā daļā gadījumi bojātie nogabali atrodas apvidū, kur iezīmēts augsts gruntsūdens līmenis vai tiešā grāvju tuvumā (6. att.).

LVMI “Silava” veiktā bojāto bērzu jaunaudžu apsekošana



7. att. Nolūzis koks bērza stādījumā ar raksturīgām pazīmēm – mizas un koksnes bojājumiem pie sakņu kakla.

LVMI “Silava” darbinieki apsekojuši 37 no 38 bērzu jaunaudzes, kurās konstatēti pie sakņu kakla lūzuši vai izgāzti koki. Neapsekotais nogabals Sventes iecirknī atrodas valsts robežas tuvumā. Apsekota jaunaudžu saraksts un īss nogabalu apraksts apkopots pielikumā.

Apsekojot bojātās audzes, kurās reģistrēti pie sakņu kakla bojāti un lūzuši koki, konstatēts, ka gandrīz visos nogabalos tiešām ir redzami koki ar raksturīgām bojājumu pazīmēm. Divos nogabalos Sventes iecirknī un vienā Līvberzes iecirknī bojājumus radījuši bebri. Lai arī daļa no apsekotajiem nogabaliem reģistrēti kā sausieņi (Vr, Dm), tomēr bojātie koki konstatēti nogabalu mitrākajās vietās, kur augsnes virskārtā ir nesadalījis detrita slānis, spēcīgs lakstaugu aizzēlums un audzes sastāvā nereti sastopams dabiskas izcelsmes melnalksnis. Visvairāk bojāto koku konstatēts Grobiņas iecirknī 191. kv., tomēr arī šajos nogabalos ne bojāto koku skaits ir pietiekošs, lai ne vajadzētu šaubīties par kvalitatīvas bērza kokaudzes izveidi nākotnē.

Raksturīgs bojājums stumbram bērza stādījumā redzams 7. att.. Stumbram gredzenveidā pie sakņu kakla bojāta miza un stumbrs koksne, kā rezultātā koks bojājuma vietā nolūzt. Attēlā redzams koks, kurš joprojām atrodas lapotā stāvoklī. Ņemot vērā to, ka bojājuma vieta visbiežāk ir augsnes līmenī un bojāto koku vainagiem nav novērojama lapu vīšana, bojātos kokus jaunaudzē iespējams identificēt tikai pēc to aizlūšanas vai nolūšanas.

Trīs svaigi lūzušiem kokiem (koki ar dzīvu vainagu) izrakti celmi ar sakņu sistēmu, lai veiktu to detalizētu apskati (8. att.). Visiem nesen lūzušajiem celmiem mizas un koksnes

bojājumi ir radušies iepriekš. Par to liecina fakts, ka bojājuma vietās miza veidojusi apaugumu, daļēji pārklājot brūci. Lai arī senāk bojāto koku lūzuma vietā redzama bojāta koksne, nesen lūzušiem kokiem ne stumbrs virs bojājuma vietas, ne galvenajās skeletsaknes nav trupējušas. Nekas neliecina, ka sakņu sistēma varētu būt bijusi traumēta vai neproporcionāli veidojusies stādīšanas rezultātā. Vienam no celmam ir svaigi atdalīta arī viena no skeletsaknēm (vizuāli – graužēja bojājums) (9. att.).



8. att. Bojāto koku celmi un sakņu daļa.



9. att. Bojāto koku saknes un celms; a – no celma atdalīta (nograuzta) sakne, b – stumbra šķērsriezums virs lūzuma vietas.

Izraktajiem celmiem virs bojājuma vietas nozāģētā stumbra šķērsgriezumā nav redzamas trupes pazīmes stumbra centrālajā daļā. Redzams koksnes iekrāsojums aplievas daļā, kurš, iespējams, radies jau pēc sakņu kakla mehāniska bojājuma.

Diskusija

Bojāto koku apskate nenorāda uz pazīmēm, kas varētu liecināt par slimību izraisītiem koku sakņu kakla vai sakņu sistēmas bojājumiem. Visdrīzāk konstatētie bērzu sakņu kakla bojājumi radīti mehāniskas iedarbības rezultātā. Bojājumu raksturs un tas, ka lielākā daļa bojāto koku auguši meliorētās platībās vai vietās ar augstu grunštūdeni, norāda, ka tos varētu būt radījušas ūdensstrupastes *Arvicola terrestris* (L.) (ūdensžurka, orvilks). Par šī grauzēja radītajiem bojājumiem ziņo arī somu zinātnieki. Minēts, ka ūdensstrupastes apdraud bērzu saknes un var bojāt arī lielāka izmēra kokus⁴.

Ūdensstrupaste pieder pie kāmjū dzimtas un ir izteikta augēdāja. Pavasarī un vasaras pirmajā pusē pārtiek galvenokārt no dažādu ūdenī (retāk krastā) augošu lakstaugu zaļajām daļām. Savukārt ziemā tā pārtiek galvenokārt no saknēm un no krūmu un jaunu kociņu stumbru apakšdaļas mizas. Nopietnākie dabiskie ienaidnieki ir plēsīgie zvēri (sermuļveidīgie, lapsas), pūces, dažu sugu dienas plēsīgie putni un plēsīgās zivis (līdakas). Populācijas dinamiku vistiešākajā veidā negatīvi ietekmē straujas ūdens līmeņa svārstības pavasarī (iespaido vairošanās rezultātus) un rudenī (var applūst barības krājumi). Raksturīgas cikliskas populācijas lieluma svārstības: vidēji ik pēc 4 (3–5) gadiem novērojams būtisks skaita pieaugums. Grauzēju masveida savairošanās gados bojājumi gan mežā gan lauksaimniecībā ir spēcīgāki.

Somijas mežzinātnes institūts veic pastāvīgu peļveidīgo grauzēju populācijas izmaiņu monitoringu un publicē prognozes. Tas ļauj nepieciešamības gadījumā brīdināt par paaugstinātu postījumu risku un prognozēt grauzēju skaita svārstības pāris gadus uz priekšu. Visdrošākais bērzu stādīšanas laiks ir uzreiz pēc peļveidīgo skaita krasas samazināšanās populācijā. Ja citi peļveidīgie grauzēji bojā galvenokārt jaunus bērzus, tad ūdensstrupastes izmanto barībā visu koku sugu saknes un var izraisīt postījumus pat vairāk nekā 10 gadus veciem bērziem. Šādus postījumus ir grūtāk prognozēt un tos iespējams konstatēt tikai tad, kad jau bojātie bērzi nodzeltē un noliecas.

Ja ap stumbru vai saknēm ir palicis kaut nedaudz mizas, bērzs cenšas izdzīvot, aizaudzējot grauzuma brūces. Koks dažus gadus var turpināt augt, bet tā pieaugums lielākoties ir vājš. Turklāt, pieaugot vainaga masai, palielinās koka nolūšanas risks stumbra bojātajā vietā. Tā kā ūdensstrupaste koku bojā ļoti tuvu zemes virskārtai, tad bojātie bērzi šķietami izgāžas pie saknes. Bērza koksne lūzuma vietā strauji sadalās mikroorganismu ietekmē un pēc dažiem gadiem bojātie koki vizuāli var izskatīties, kā nolūzuši dēļ satrupējušām saknēm.

Francijā sešus gadus ilgā pētījumā noskaidrots, ka ūdensstrupastes populācija un masveida savairošanās biežums pozitīvi korelē ar ilggadīgo zālāju īpatsvaru lauksaimniecības zemē. Un otrādi, - populāciju negatīvi ietekmē lielāks pagaidu zālāju īpatsvars lauksaimniecības zemē un arī lielāks meža platību īpatsvars teritorijā. Lai ierobežotu ūdensstrupastes populācijas masveida savairošanos, tiek rekomendēts periodiski veikt ilggadīgo zālāju aparšanu.

Ūdensstrupastes bojājumi bērzu jaunaudzēs lielākoties ir lokāli un būtiski audzes vērtību nesamazina. Audžu apsekošanas rezultāti apliecina, ka bojātajās audzēs bērzu skaits ir tikai nedaudz mazāks, salīdzinot ar kontroles (nebojātām) audzēm (

⁴ Niemiste P., Vihere-Arnio A., Vellinga P., Herejervi H., Verkasalo E. 2020. Bērzu audzēšana un izmantošana”. Tulkojums no somu valodas. AS “Latvijas Finieris”, Jelgavas tipogrāfija, 246 lpp.

Tabula 5). Visticamāk pēc nākotnē veiktajām kopšanas cirtēm koku skaits būs līdzvērtīgs un audžu kvalitāte un produktivitāte nebūs ietekmēta. Ūdensstrupastes bojājumi šobrīd jāuztver kā papildus riska faktors, stādot bērzus meliorētās platībās un platībās ar augstu gruntsūdens līmeni, kā arī kūdrainās augsnēs.

Secinājumi

Bojāto koku apskate neliecina, ka konstatētajiem bērzu sakņu kakla vai sakņu sistēmas bojājumiem varētu būt patoloģiska izcelsme. Visdrīzāk bojājumi radīti mehāniskas iedarbības rezultātā. Bojājumu raksturs un tas, ka lielākā daļa bojāto koku auguši meliorētās platībās vai vietās ar augstu grunštūdeni, norāda, ka tos varētu būt radījušas ūdensstrupastes *Arvicola terrestris* (L.). Konstatētie bojājumi bērzu jaunaudzēs lielākoties ir lokāli un būtiski audzes vērtību nemazina. Audžu apsekošanas rezultāti apliecina, ka bojātajās audzēs dzīvo bērzu skaits ir tikai nedaudz mazāks, salīdzinot ar kontroles (nebojātām) audzēm. Ūdensstrupastes bojājumi šobrīd jāuztver kā papildus riska faktors, plānojot bērza stādījumu ierīkošanu meliorētās platībās, platībās ar augstu gruntsūdens līmeni, kā arī kūdrainās augsnēs.

Bērzu stādu fitosanitārais stāvoklis AS “Latvijas valsts meži” un AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavās

Metodes

2021. gada pavasarī atkārtoti apsekoti 2020. gada rudenī AS “Latvijas Finieris” un AS “Latvijas valsts meži” kokaudzētavās ierīkoti parauglaukumi. Apsekojumos novērtēta bērzu stādmateriāla bojājumu intensitāte un atkārtoti ievākti simptomātisko stādu paraugi patogēno sēņu identificēšanai. Papildus 15 simptomātisku stādu paraugi no 4 kokaudzētavām nosūtīti uz Somijas Dabas resursu institūtu LUKE, lai tos izanalizētu speciāliste Anna Poimala. Pavasarī–vasarā ierīkoti divi mākslīgas inficēšanas eksperimenti ar no simptomātiskiem stādiem visbiežāk izdalītām sēnēm: kontrolētos un lauka apstākļos.

2021. gada martā tika atkārtoti apsekotas 8 kokaudzētavas: AS “Latvijas Finieris” kokaudzētava “Zābaki” un AS “Latvijas valsts meži” Strenču, Mazsīlu, Popes, Podiņu, Valmieras, Smiltenes un Pļaviņu kokaudzētavas. Visās kokaudzētavās apsekots bērzu stādu fitosanitārais stāvoklis 2020. gada rudenī ierīkotajos parauglaukumos (kopā 18 parauglaukumi). Katrā parauglaukumā novērtēts simptomātisko stādu daudzums un ievākti stādu paraugi gan analīzēm LVMI “Silava” (31 stāds), gan sūtīšanai uz Somiju (15 stādi). Kopā ievākti 46 simptomātiski stādi. Kokaudzētavā “Zābaki” apsekoti 2020. gada rudenī izvēlēti 3 ietvarstādu rāmji ar stādiem no atšķirīgām aprītēm. No katra rāmja atlasīti simptomātiskie bērzu stādi (kopā 10 stādi). Papildus apsekoti bērzu stādījumi uz lauka un no tiem ievākti 7 simptomātisko stādu paraugi. Gan no ietvarstādiem, gan lauka stādījumiem ievāktie paraugi izmantoti, lai izdalītu simptomu izraisītājus.

Laboratorijā ievāktu paraugu virsmu apstrādāja ar 70% spirtu no pulverizatora. Pēc tam ar asu, liesmā sterilizētu skalpeli izgriezta koksnes un mizas gabaliņus no nekrotisko un veselo audu robežas, uz 30 sekundēm ielika 35% ūdeņraža peroksīdā, un 3 reizes mazgāja, paturot 60 sekundes sterilā destilētā ūdenī. Koksnes un mizas gabaliņi novietoti uz Petri platēm ar Hagama agara barotni (2 atkārtojumos) un inkubēti 3–10 dienas. Ik pa 3–4 dienām Petri plates apskatītas un no paraugiem augošais sēņu micēlijs pārņemts uz atsevišķiem Petri traukiem. Pēc visu kultūru izaudzēšanas tās sagrupētas pēc micēlija morfoloģiskām pazīmēm un biežāk sastopamās sēnes noteiktas līdz ģints līmenim.

15 bērzu stādi no kokaudzētavām Mazsīli, Zābaki, Pope un Pļaviņas nosūtīti uz Somijas Dabas resursu institūtu LUKE, lai Somijas fitopatoloģijas speciālisti noskaidrotu bērzu galotņu nokalšanas cēloņus. Stādiņu virsmas sterilizācijai izmantoja 3 metodes: 1) EtOH 1 min + NaOCl 4 min + EtOH 30 sek. (2–3 stādi/kokaudzētava); 2) EtOH 1 min (2 stādi/kokaudzētava); 3) bez virsmas sterilizācijas (1–2 stādi/kokaudzētava). Sēņu izdalīšanai izmantoja gan ūdens agaru, gan iesala ekstrakta barotni ar streptomicīnu. No paraugiem augošais sēņu micēlijs pārņemts uz atsevišķiem Petri traukiem. Sēņu sugu identifikācijai izmantoja molekulāras metodes. PCR (polimerāzes ķēdes reakcija) veikta izmantojot sēņu specifiskus praimerus ITS1F un ITS4. Iegūtās sēņu sekvences salīdzinātas ar NCBI datubāzē esošajām sēņu sekvencēm.

2021. gada maijā iegūti 6 bērzu ietvarstādu kasetes (apmērām 60 gab. stādi katrā) no Mazsīlu kokaudzētavas mākslīgās inficēšanas eksperimentam kontrolētos apstākļos. Stādu inficēšanai izvēlēti 9 sēņu izolāti, kuri papildus nosūtīti uz Somiju sugu identifikācijai (*Phoma herbarum* ZB3, *Botrytis cinerea* ZB4, *Alternaria alternata* ZB6, *Phoma herbarum* ZB10, *Fusarium avenaceum* ZB11, *Discula betulina* ZB13, *Discula betulina* ZB19, *Didymella* sp. ZB24 un *Rustroemia* sp. ZB30). Katrs izolāts tika inkubēts Petri traukos 2–3 nedēļas uz iesala barotnes. Suspensiju sagatavošanai izmantots viens Petri trauks ar attiecīgo sēni. Petri traukā ar Ependorf mehānisko pipeti pievienoja 5 ml ūdens un ar liesmā sterilizētu skalpeli rūpīgi noskrāpēja sēņu micēliju no agara virsmas. Pēc tam visu iegūto sporu-micēlija suspensiju

pārlēja kolbā ar 500 ml ūdens un kārtīgi sakratīja. No katras kolbas ar Ependorf pipeti paņēma 1 ml suspensijas un uzlika uz Petri trauka ar iesala barotni. Izmantojot liesmā sterilizētu špateli, suspensiju vienmērīgi izkliedēja pa Petri trauka laukumu. Pēc tam izmantojot gaismas mikroskopu Leica novērtēja sporu un micēlija pavedienu daudzumu 20 redzes laukos 100× palielinājumā.

Gatavās suspensijas ielēja attiecīgi marķētos pulverizatoros. Konteineri ar stādiņiem sadalīti 3 grupās (1–3) (pa diviem konteineriem katrā) ar mērķi noskaidrot stādu inficēšanos dažādos augšanas apstākļos. Katrā grupā stādiņi sadalīti pa 10, atdalīti ar baltām A4 formāta lapām un marķēti ar plastikāta zīmīti, norādot grupas numuru (1–3) un sēņu izolāta numuru, ar ko stādi apstrādāti. Katrs apstrādes variants apsmidzināts ar attiecīgo sēņu sporu suspensiju (10 stādi katrā grupā – kopā viena sēne – 30 stādi). 10–12 atlikušie stādiņi katrā grupā apsmidzināti ar ūdeni kontrolei. Pēc tam A4 lapas, kas atdalīja dažādas stādu grupas, aizvietoja ar 10 cm platām lapu strēmelēm. Pirmā grupa ievietota klimata kamerā 18°C temperatūrā ar 80% mitrumu; 2. – 25°C ar 80% mitrumu, 3. – 15°C ar 80% mitrumu. Stādi regulāri laistīti. Pēc mēneša stādi apsekoti, visi nokaltušie un simptomātiskie koki pierēģistrēti, no visiem simptomātiskajiem stādiem paņemti paraugi sēņu reizolācijai pēc iepriekš aprakstītās metodikas.

2021. gadā jūnijā pēc līdzīgas metodikas tika inokulēti otrā gada dažādu sēklu ģimeņu stādi. Pavisam pētījumā izmantoti 791 stādi no 57 ģimenēm (9–15 stādi katrā). Pirms inokulācijas visas stādu kasetes apsekotas un visi nokaltušie vai simptomātiskie stādi izvākti. Inokulācijai izmantoja četrus sēņu izolātus (*Botrytis cinerea* ZB4, *Phoma herbarum* ZB10, *Fusarium avenaceum* ZB11 un *Didymella* sp. ZB24). Sēņu sporu suspensijas sagatavotas pēc iepriekš aprakstītās metodikas. Katrā kasetē ar katru sēnes izolātu apsmidzināja 3 stādus, un 3 atstāja kontrolei. Ja stādu skaits kasetē bija nepietiekams, izolāts ZB11 netika pielietots. Katrs apsmidzinātais stāds atzīmēts ar krāsainu lenti: ZB24 – rozā, ZB13 – zila, ZB4 – violeta un ZB11 – dzeltena. Kontrole atstāta bez lentītēm. Līdzīgi kā iepriekšējā eksperimentā, katra stādu grupa to apstrādes laikā atdalīta no pārējiem stādiem ar A4 lapām un apsmidzināta ar attiecīgo sporu suspensiju. Stādi turēti lauka apstākļos, regulāri laistīti un mēsloti, kā arī apstrādāti pret laputīm. Pēc 1,5 mēneša katra kasete tika apsekota, stādu garumi izmērīti un visi simptomātiskie stādi pierēģistrēti. Simptomātiskiem stādiem izmērīts arī nekrotiskās daļas garums. Visi simptomātiskie stādi ievākti sēņu reizolācijai pēc iepriekš aprakstītās metodes.

Papildus no visām eksperimentā izmantotajām bērzu ģimenēm ievākti lapu paraugi DNS izdalīšanai. Tie ievākti no katra indivīda. Paraugi sasmalcināti kratītājā, un DNS izdalīta ar modificētu CTAB metodi. Izveidota DNS kolekcija turpmākām analīzēm.

Rezultāti un to analīze

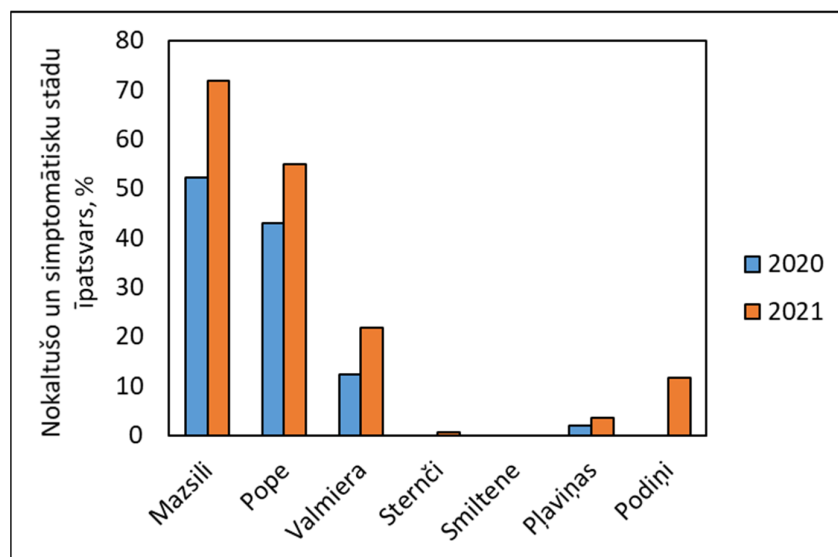
2021. gada pavasarī bērzi ar nekrotiskām galotnēm konstatēti visās kokaudzētavās, izņemot Strenču un Smiltenes kokaudzētavas (Tabula 6).

Tabula 6

***Simptomātisko stādu sastopamība apsekotajās LVM kokaudzētavās
2021. gada pavasarī***

Kokaudzētava	Parauglaukums	Kopējais stādu skaits	Simptomātisko stādu īpatsvars, %	Nokaltušo stādu īpatsvars, %
Mazsili*	1	120	53,2	-
	2	125	66,4	-
	3	123	95,7	1,8
Pope*	4	131	10,7	-
	5	133	57,6	0,8
	6	150	55,6	42,5
Valmiera*	7	130	3,1	-
	8	121	50,1	-
	9	102	11,6	0,9
Strenči	10	112	-	-
	11	113	-	0,8*
Smiltene	12	110	-	-
	13	114	-	-
Pļaviņas*	14	92	-	-
	15	111	6,0	-
	16	107	4,5	0,5
Podiņi	17	105	14,2	-
	18	101	9,2	-
Kopā	18	2100	24,2	2,6

* Stādi nokaltuši citu iemeslu dēļ



***10. att. Simptomātisko un nokaltušo bērzu stādu īpatsvars 2020. gada rudenī un
2021. gada pavasarī.***

Tabula 7

No simptomātiskiem bērziem izdalīto sēņu sugu īpatsvars dažādās kokaudzētavās

Sēņu suga	Zābaki, 2020/2021, %	Mazsili, 2020/2021, %	Pope, 2020/2021, %	Valmiera, 2020/2021, %	Ļaviņas, 2020/2021, %
<i>Alternaria alternata</i> *	53,6/42,9	75,0/28,6	61,9/28,6	90,0/11,1	45,0/25,0
<i>Alternaria infectoria</i>	3,6/-	-/-	9,5/-	10,0/-	-/-
<i>Alternaria</i> sp. 1	42,9/28,6	90,0/42,9	66,7/28,6	50,0/11,1	35,0/-
<i>Aureobasidium pullulans</i>	17,9/21,4	25,0/14,3	38,1/28,6	80,0/22,2	15,0/-
<i>Botrytis cinerea</i> *	35,7/21,4	25,0/-	23,8/-	10,0/-	25,0/-
<i>Cladosporium</i> sp.	28,6/14,3	90,0/28,6	95,2/28,6	100/22,2	40,0/-
<i>Discula betulina</i> *	7,1/7,1	15,0/-	52,4/42,9	90,0/44,4	40,0/-
<i>Dydimella</i> sp. 24*	-/-	10,0/-	14,3/-	-/-	45,0/25,0
<i>Epicoccum nigrum</i>	10,7/7,1	-/-	14,3/-	20,0/-	15,0/-
<i>Fusarium avenaceum</i> *	28,6/21,4	55,0/42,9	28,6/14,3	-/-	10,0/25,0
<i>Fusarium sporotrichoides</i>	10,7/-	-/-	-/-	-/-	5,0/-
<i>Phoma herbarum</i> *	17,9/14,3	60,0/42,9	14,3/-	10,0/11,1	20,0/25,0
<i>Rustroemia</i> sp. 30*	-/-	10,0/-	-/-	10,0/-	15,0/25,0
Citas sēnes	14,3/35,7	20,0/14,3	71,4/-	70,0/-	100/-

* Sēnes, kas izmantotas mākslīgās inficēšanas eksperimentos.

Salīdzinot ar 2020. gada rudenī ievāktajiem datiem, simptomātisko un nokaltušo stādu daudzums ievērojami palielinājās (10. att.). Visvairāk simptomātisko bērzu konstatēts Mazsilu un Popes kokaudzētavās. Atkārtoti apsekojot stādus no dažādām skolojumiem kokaudzētavā "Zābaki", konstatēts ka tieši otrā skolojuma stādi ir visvairāk inficēti. Pirmajā skolojumā 2020. gadā rudenī galotnes nekroze konstatēta tikai 0,3% stādu, bet 2021. gada pavasarī – 0,7% stādu. Otrajā skolojumā 2020. gadā konstatēti 16,6% nokaltuši un simptomātiski stādi, bet pavasarī – 12,7%. Mazāks simptomātisko stādu skaits pavasarī ir izskaidrojams ar to, ka mēs rudenī izņēmām no kasetēm visus nokaltušos un simptomātiskos stādus. Trešajā skolojumā palielinājās nokaltušo stādu skaits: no 0 līdz 4,5%, bet tas skaidrojams ar sūnas parastā maršancijs klātbūtni, kura bija spēcīgi pārņēmusi atsevišķas kasetes.

Pavisam no stādiem izdalīti 421 sēņu izolāts 2020. gadā un 89 sēņu izolāti 2021. gadā. Visbiežāk sastopamās sēņu sugas apkopotas tabulā (Tabula 7).

Kopumā 2021. gada pavasarī izdevās izdalīt daudz mazāk sēņu salīdzinājumā ar 2020. gada rudenī. Rudenī visbiežāk izdalītas sēņu sugas bija *Alternaria alternata*, *Alternaria* sp. 1, *Cladosporium* sp., *Discula betulina*, *Fusarium avenaceum*, *Phoma herbarum*, bet Ļaviņu kokaudzētavā, pārsvarā pirmā gada stādos, – *Dydimella* sp. 24. Pavasarī pamatā izdalītas tās pašas sēņu sugas. Podiņu kokaudzētavā 2020. gada rudenī netika konstatēti slimības simptomi, bet 2021. gada pavasarī galotnes nekrozes un stumbra vēzis konstatēti

11,7% stādu. Visbiežāk izdalītā sēne bija *Alternaria alternata* (62,5% no simptomātiskiem stādiem) un *Fusarium avenaceum* (25% no simptomātiskiem stādiem).

Somijas fitopatologu iegūtie rezultāti pievienoti 1. pielikumā. Īsumā: pavisam izdalīti 240 sēņu izolāti kas sadalīti 9 lielos micēlija morfotipos, un dažos mazākos morfotipos (1–7 izolāti). Kokaudzētavās Pope un Zābaki visbiežāk izdalītā sēņu suga bija *Discula betulina*, kokaudzētavā Mazsili – *Fusarium avenaceum*, bet Pļaviņu kokaudzētavā – *Varicosporium elodeae*. Izdalītās sēnes ir attēlotas 2. pielikumā.

Deviņi visbiežāk sastopamu sēņu izolāti izmantoti inficēšanas eksperimentā kontrolētos apstākļos: viens *Alternaria alternata* izolāts (62% no visiem apsekotiem stādiem), viens *Botrytis cinerea* izolāts (26% no visiem apsekotiem stādiem), divi *Discula betulina* izolāti (33% no visiem apsekotiem stādiem), viens *Dydimella* sp. 24 izolāts (14% no visiem apsekotiem stādiem), viens *Fusarium avenaceum* izolāts (27% no visiem apsekotiem stādiem), divi *Phoma herbarum* izolāti (25% no visiem apsekotiem stādiem) un viens *Rustroemia* sp. 30 izolāts (18% no visiem apsekotiem stādiem). Mākslīgās inficēšanas rezultāti ir atspoguļoti tabulā (Tabula 8).

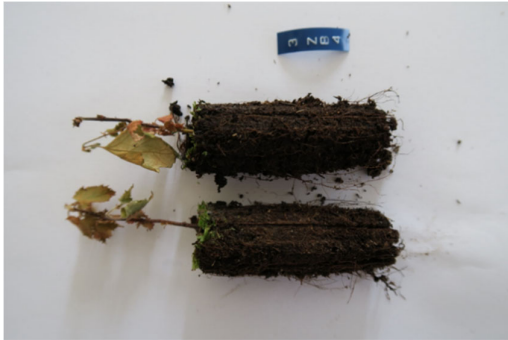
Tabula 8

Bērzu stādu inficēšana ar dažādu sugu sēnēm dažādās temperatūrās

Sēņu suga	15°C		18°C		25°C		Kopā
	S*	N**	S	N	S	N	
<i>Alternaria alternata</i>	-	10%	-	-	-	-	3,3%
<i>Botrytis cinerea</i>	10%	10%	-	-	20%	-	13,3%
<i>Discula betulina</i> 1	-	-	-	-	30%	-	10%
<i>Discula betulina</i> 2	10%	10%	-	-	-	-	6,7%
<i>Dydimella</i> sp. 24	-	-	10%	-	10%	-	6,7%
<i>Fusarium avenaceum</i>	-	10%	20%	-	10%	-	13,3%
<i>Phoma herbarum</i> 1	10%	-	10%	-	-	-	6,7%
<i>Phoma herbarum</i> 2	-	-	10%	-	-	-	3,3%
<i>Rustroemia</i> sp. 30	10%	10%	-	-	-	10%	10%
Kontrole	-	10%	-	-	-	-	3,3%
Kopā	4,4%	5,6	5,5%	1,1%	8,9%	1,1%	8,9%

* Simptomātiski; ** nokaltuši.

Vislielāko bērzu stādu inficēšanu izraisīja *B. cinerea* (11. att.) un *F. avenaceum* (12. att.) (abi 13,3% stādiņu), kā arī *D. betulina* (13. att.) (8,3%) un *Dydimella* sp. 24 (14. att.) (6,7%). Šīs sēnes arī tika atkārtoti izdalītas no simptomātiskajiem stādiem. Kaut arī starp stādiem, kas inficēti ar *Rustroemia* sp. 30, nokaltuši vai simptomātiski bija 10% stādu, tomēr šo sēni neizdevās reizolēt. Turklāt no vienīgā simptomātiskā stāda tika izdalīta *Discula betulina*. Kopumā, *D. betulina* bija viena no biežāk izdalītajām sēnēm – tā izdalīta no 64,7% simptomātisko stādu. Tas varētu liecināt par to, ka: 1) stādiņi tika inficēti ar gaisu vai ūdeni klimata kamerās vai 2) stādiņi jau bija inficēti kokaudzētavā, bet simptomi atsevišķiem stādiem attīstījās vēlāk. Kopumā simptomātisko un nokaltušo stādu īpatsvars nebija liels (8,9%), tomēr ir novērota tendence, ka simptomātisko stādu īpatsvars pieauga, palielinoties temperatūrai (4,4% 15°C, 5,5% 18°C un 8,9% 25°C). Nokaltušo stādu īpatsvars bija lielāks 15°C, bet šāda temperatūrā bērzi kopumā nīkuļoja, un pēdējā eksperimenta nedēļā tiem konstatēta nopietna laputu invāzija, kas varētu ietekmēt stādu dzīvotspēju.



11. att. Nokaltuši bērzu stādi inficēti ar *Botrytis cinerea*



12. att. Bērzu stāds ar nokaltušo galotni, inficēts ar *Fusarium avenaceum*



13. att. Gandrīz pilnībā nokaltis bērzu stāds, inficēts ar *Discula betulina*



14. att. Bērzu stāds ar nokaltušo galotni, inficēts ar *Dydimella* sp. 24

Dažādu sēkļu ģimeņu stādu inficēšanai izmantoja četras sēņu sugas – *Dydimella* sp. 24 (ZB24), *Phoma herbarum* (ZB10), *Botrytis cinerea* (ZB4) un *Fusarium avenaceum* (ZB11). Pēc mēneša apsekojot dažādu sēkļu ģimeņu stādus, galotnes kalšana konstatēta 4,3% stādu, bet pavisam nokaltuši bija 2,1% stādu. Visvairāk simptomātisku un nokaltušu stādu konstatēts sēkļu ģimenēm 20194 (26,7% nokaltuši), 20597 (26,7% simptomātiski un 6,7% nokaltuši) un 20603 (21,4% simptomātiski). Mākslīgajā inficēšanā izmantotās sēnes neuzradīja augstu patogenitāti, kaut gan dažām sēkļu ģimenēm simptomātisko stādu īpatsvars bija vairāk nekā 20%. Vislielākais simptomātisko un nokaltušo stādu īpatsvars (8,8%) bija *Dydimella* sp. 24 apstrādes variantā, sēne tika veiksmīgi reizolēta. Pārejos apstrādes variantos simptomātisko un nokaltušo stādu īpatsvars būtiski neatšķīrās no kontroles: 5,2% *P. herbarum*, 3,6% *B. cinerea*, 5,9% *F. avenaceum* un 5,8% kontrole. Vairākos stādos slimības simptomi tikai sāka attīstīties – 40% stādu nokalta 5% vai mazāk no stāda garuma, diviem stādiem konstatēti plankumi uz stumbra, kas ar laiku arī varētu izraisīt galotnes nokalšanu. Iespējams, 1,5 mēnesis ir par īsu, lai visiem stādiem attīstītos slimības simptomi. Simptomātiski stādi netika konstatēti 23 sēkļu ģimenēm. Visas sēnes, kas izmantotas mākslīgās inficēšanas eksperimentā, bija reizolētas no simptomātiskiem stādiem, izņemot *P. herbarum*. Veicot reizolāciju, no 47,1% simptomātiskiem stādiem izdalīta *D. betulina*, ieskaitot simptomātiskus kontroles stādus. Iespējams, inficēšanās notika, kad stādi atradās kokaudzētavā “Zābaki”, jo arī pirms eksperimenta 1% bērzu stādu konstatēta galotnes vai visa stāda nokalšana. Diemžēl sēnes no tiem stādiem netika izdalītas. Pastāv arī iespēja, ka bērzu stādi tika inficēti vēlāk no eksperimenta norises vietai netālu esošā pieaugušā bērza. *Dydimella* sp. 24 arī tika izdalīta no 47% simptomātisko stādu, kas liecina par šo divu sēņu iesaisti simptomu attīstībā.



15. att. Nokaltusi galotne bērzu stādām, kas inficēts ar *Dydimella* sp. 24.

Apvienojot visu pētījumu datus, ir skaidrs, ka stādu galotņu kalšanas simptomus izraisa vairākas sēņu sugas. Visnozīmīgākās ir *D. betulina*, *Dydimella* sp. 24 un *F. avenaceum*. *D. betulina* ir zināma kā bērzu lapu un dzinumumu patogēns (Kula and Zabecka, 2001; Green, 2004; Hanso and Drenkhan, 2010). Igaunijā pirmo reizi šī sēne izdalīta 2009.–2010. gadā no simptomātiskiem bērzu dzinumumiem un zariem (gan no stādiem kokaudzētavā, gan no pieaugušiem bērziem) (Hanso and Drenkhan, 2010). Igaunijā sēnes izraisītus simptomus kokaudzētavās saistīja ar intensīvu stādu laistīšanu visā veģetācijas periodā.

F. avenaceum ir patogēna sēņu suga, kas izraisa dažādas augu saslimšanas, pārsvarā dažādas vītes. Somijas kokaudzētavās tā tiek asociēta ar stumbra plankumu slimību. Uzskata ka inficēšanās notiek caur lapām un mizas bojājumiem (Lilja et al., 1997). Tomēr Anglijā veiktajā pētījumā to uzskata par mazāk patogēnu salīdzinājumā ar *D. betulina* (Green and MacAskill, 2007).

Sēnes no *Dydimella* ģints izraisa dzinumumu un stumbra nekrozes dažādām augu sugām (pārsvarā lauksaimniecības augiem) visā pasaulē, bet dažas sugas var izraisīt slimības arī kokaugiem (Ahmadpour et al., 2017; Nouri et al., 2019).

Ļāviņu kokaudzētavā sēņu sugu sastāvs atšķiras, jo tur galvenā problēma bija tieši pirmā gada stādiem, un infekcija visdrīzāk iekļuva stādos caur sakņu kakla bojājumiem. Vienā no biežāk izdalītām sēņu sugām Ļāviņu kokaudzētavā bija sēne *Dydimella* sp. 24, kura mākslīgas inficēšanas eksperimentā pierādīja savu spēju izraisīt stādu nokalšanu.

Jāatzīmē, kā līdz šim tikai *F. avenaceum* ir zināms kā nopietns slimību izraisītājs kokaudzētavās. *D. betulina* citu autoru pētījumos netika atzīta par nopietno patogēnu un tās bioloģija nav skaidra. *Dydimella* sp. 24 netika noteikta līdz sugas līmenim. Spriežot pēc DNS sekvences, vistuvākais tās radnieks (līdzība – 98%) ir sēne *Didymella bryoniae*, kas ir nopietns lauksaimniecības patogēns (Basim et al., 2016).

DNS izdalīta no 24 bērzu stādiem, kuriem tika konstatētas slimības pazīmes. Pārējiem stādiem turpina slimības pazīmju apsekošanu. DNS izdalīts no 291 bērza indivīda.

Secinājumi

Mūsu un Somijā iegūti rezultāti ir līdzīgi un norāda, ka ir vairākas sēņu sugas, kas pie noteiktiem apstākļiem varētu izraisīt bērzu galotņu kalšanu.

Vismaz 3 sēņu sugas ir iesaistītas galotnes kalšanā bērzu stādiem kokaudzētavās: *Discula betulina*, *Dydimella* sp. 24 un *Fusarium avenaceum*. Šīs sēņu sugas nav izteikti patogēnas, un slimības uzliesmojumus visdrīzāk provocē vairāki faktori: siltākas vasaras un ziemas, paaugstināts mitrums, stādu augšanas blīvums, stādu vitalitāte. Vairākas sēņu sugas un to atšķirīgā bioloģija norāda uz to, ka katrai sugai var būt sava labvēlīgo faktoru kombinācija. Slimību uzliesmojumu cikliskums var būt saistīts arī ar klimata maiņu, kas rada papildu stresu bērzu stādiem.

Bērza sējeņu mākslīgā inficēšana

Pētījumā 2019. gada rudenī izmantoti aptuveni 6 mēnešus veci 15 bērzu sējeņi, kas izaudzēti no 2018. gadā Kalsnavas sēkļu plantācijā ievāktā materiāla. Lai izslēgtu vēja un lietus ietekmi inficēšanas brīdī, vienu nedēļu pirms eksperimenta uzsākšanas, sējeņi ienesti iekštelpās, lai adaptētos jauniem apstākļiem. Mākslīgās inficēšana notiek 15. oktobrī. Pirms tam tiek veikta sēņu kultūru audzēšana un sagatavošana inficēšanas eksperimentam.

Sēņu kultūras iegūtas no LVMI "Silava" Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijas: *Ophiognomonium intermedia*, *Melanconis stilbostoma*, *Gibberella avenacea*, *Botryotinia fuckeliana*. Attiecīgi *Melanconis stilbostoma*, *Gibberella avenacea* un *Botryotinia fuckeliana* tika identificētas kā patogēnas sēnes, ka izraisa bērzu galotnes kalšanu un nekrozi pētījumā "Bērza jaunaudzū un stādāmā materiāla audzēšanas problemātika". Papildus inficēšanas eksperimentā pievienota patogēna sēne *Ophiognomonium intermedia*, kas izraisa gan bērzu lapu plankumainumu, gan var inficēt pumpurus un izraisīt galotņu kalšanu. Kā inficēšanas metode šajā pētījumā izmēģināta apsmidzināšana ar šķidro sēņu kultūru, bez ievainojuma veidošanas un tieša sēnes/agara kontakta ar mizu, mēģinot atdarināt dabīgu inficēšanās procesu.

Sākotnēji sēnes uzsētas uz iesala ekstrakta barotnēm, ar pievienotu ampicilīnu (100 µl ampicilīna /100 ml barotnes), lai novērstu nevēlamu baktēriju augšanu. Pēc 2 nedēļām sēnes tiek pārsētas šķidrā iesala ekstrakta barotnē ar pievienotu ampicilīnu (100 µl ampicilīna /100 ml barotnes). Katrā barotnē ievietoti 10 micēlija /agara gabaliņi (d = 5 mm). Pēc 10 dienām no barotnes tiek izņemti agara gabaliņi un pārējā barotne centrifugēta, lai sakoncentrētu šūnas. Barotne tiek nolieta un šūnas mazgātas ar dejonizētu ūdeni. Pēc mazgāšanas tiek atkārtota centrifugēšana un ūdens noliets. Nomazgātās šūnas tiek resuspendētas dejonizētā ūdenī un homogenizētas. Homogenizētām kultūrām tiek mērīts optiskais blīvums, tomēr to ir salīdzinoši grūti izdarīt, jo daļu sēņu micēliju neizdodas vienmērīgi homogenizēt. Aptuvenais šūnu daudzums pie OD600: *O. intermedia* = 0,2, *M. stilbostoma* = 0,4, *G. avenacea* = 1,2, *B. fuckeliana* = 1,2.

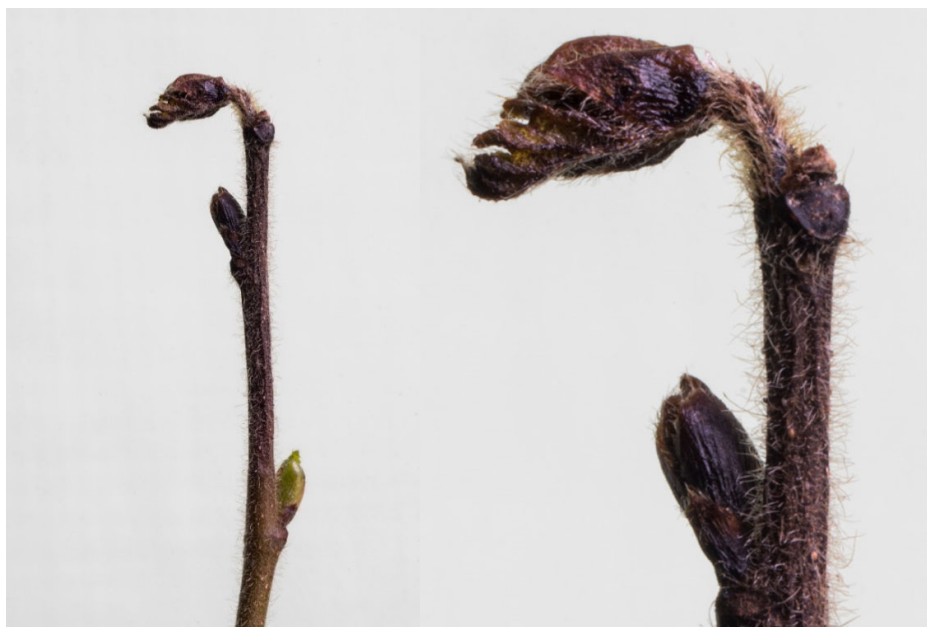
Stādi tika sadalīti pa grupām un apstrādāti ar dažādām sēņu sugu un daudzuma kombinācijām, piemēram, lai ātri augošās sēnes nenomāktu lēnāk augošās un variējot ar uznesto sēņu kultūras daudzumu:

- 6 stādi tika apstrādāti ar visām sēnēm *O. intermedia*, *M. stilbostoma*, *G. avenacea*, *B. fuckeliana* (no katras kultūras ņemti 200 µl);
- 3 stādi apstrādāti ar *B. fuckeliana* – ātri augoša uz Petri plates ar iesala ekstrakta agaru (uz katra stāda pa 100 µl no kultūras);
- 3 stādi apstrādāti ar lēnāk augošām *O. intermedia* un *M. stilbostoma* (uz katra stāda pa 100 µl no katras kultūras);
- 3 stādi apstrādāti ar *G. avenacea* – ātri augoša šķidrā barotnē (uz katra stāda pa 100 µl no kultūras).

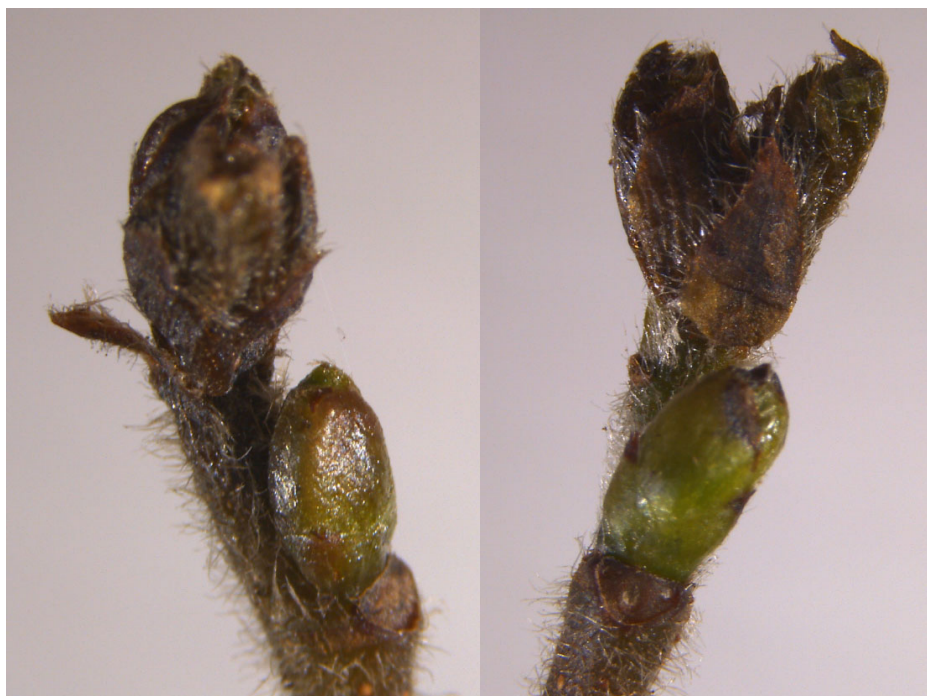
Izvēlētie kultūras daudzumi tiek papildus atšķaidīti ar 50 ml ūdens, lai varētu izsmidzināt ar pulverizatoru. Katra sēne tiek atsevišķi izsmidzināta uz sējeņa, jo sākotnēji novērota sēņu koagulēšana, apvienojot kultūras. Lai veicinātu mitrumu un inficēšanos, uz stādiem, apstrādes laikā, tiek uzlikti plastmasa maisi, kas tiek noņemti pēc 6 dienām. Noņemot maisus, lielākai daļai stādu lapas nodzeltējušas un nobirušas, bet tās tiek atstātas podiņos, lai saglabātu sēnes klātesamību. Stādus ievieto klimata kamerā. Lai veicinātu inficēšanos, iestatītais režīms atbilst vasaras beigām/agram rudenim – periodam, kad augam samazinās rezistence pret patogēniem: 20°C, 70% mitruma, 10 h, ieslēgtas lampas – diena; 16°C, 80% mitruma, 14 h, izslēgtas lampas – nakts).

Inficēšanas rezultāti

Trīs mēnešus pēc mākslīgās inficēšanas mēģinājuma, novērojama atsevišķu stādu galotņu un pumpuru kalšana. No 6 stādiem, kas inficēti ar četrām sēnēm, vienam stādam nokaltusi galotne un stumbrs apmēram 2 cm attālumā (16. att.) un diviem stādiem galotnes pumpuri nokaltuši (17. att. un 12. att.). Vienam no tiem vērojams, ka nekroze pāriet uz stumbru (12. attēls). Pārējie 3 stādi izskatās bez sēņu izraisītas nekrozes. Nekrozi skartos sējeņus inficēšanas eksperimenta sākumā var aplūkot 19. att.



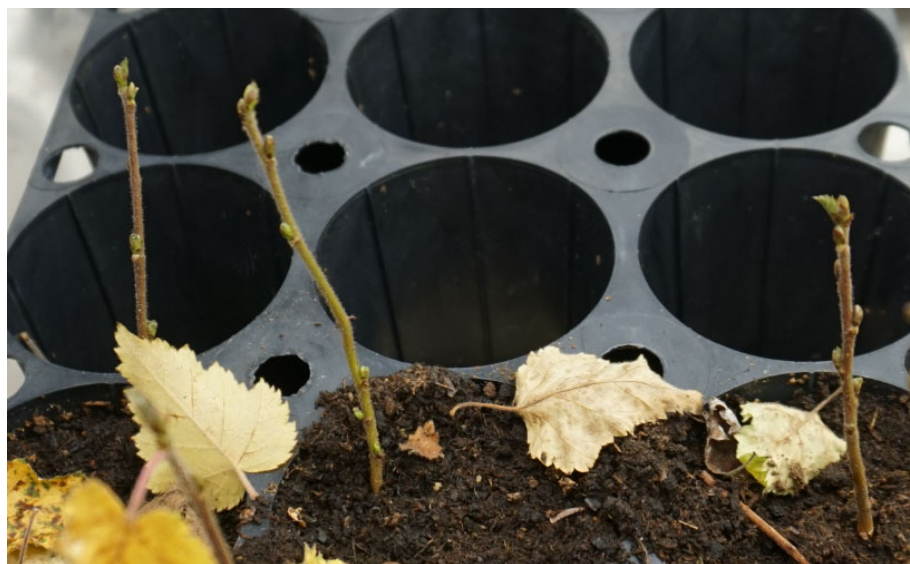
16. att. Bērza stāds 3 mēnešus pēc mākslīgas inficēšanas ar *O. intermedia*, *M. stilbostoma*, *G. avenacea*, *B. fuckeliana*. Galotne nokaltusi un nekroze novērojama 2 cm attālumā no galotnes. Foto: Agnis Šmits.



17. att.

18. att.

*Divi dažādi bērza stādi 3 mēnešus pēc mākslīgas inficēšanas ar *O. intermedia*, *M. stilbostoma*, *G. ayenacea*, *B. fuckeliana*. Novērojama galotņu pumpuru kalšana.
Foto: I. Šņepste (uzņemti ar Leica mikroskopēšanas iekārtu).*



19. att. *Iepriekš aprakstītie 3 stādi, kuriem novērota galotņu vai pumpuru kalšana (1.–3. attēlā) eksperimenta sākumā pēc maisu noņemšanas. Attēls uzņemts 24.10.2019.
Foto: I. Šņepste.*

No bērziem, kas inficēti ar ātri augošo *B. fuckeliana*, vienam sējenim nokaltis galotnes pumpurs un vērojama nekroze 1 cm garumā uz stumbra (20. att.).



20. att. Abos attēlos sējenis, kuram novērojama nekroze 1 cm attālumā no galotnes. Inficēts ar *B. fuckeliana*. Foto: I. Šņepste.

Stādi, inficēti ar *O. intermedia* un *M. stilbostoma*, pagaidām neuzrāda pārliecinošas nekrozes vai kalšanas pazīmes. Vienam bērzam (21. att.) pumpurs šobrīd ir daļēji nobrūnējis. Pārējie sējeņi ir bez nekrozes pazīmēm.

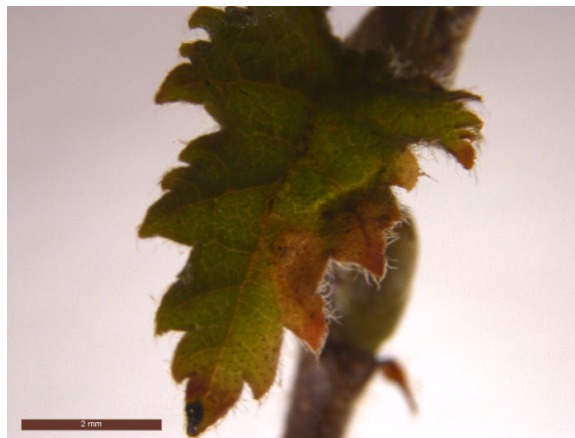


21. att. Sējenis inficēts ar *O. intermedia* un *M. stilbostoma*. Foto: I. Šņepste.

No sējeņiem, kas inficēti ar *G. avenacea*, vienam stādam galotnes pumpuri (22. att.) uzrāda iespējamās nekrozes pazīmes. Savukārt bērzam ar izplaukušū lapu, novērojama daļējas lapas nekrozes pazīmes (22. att.).



22. att. Sējenis, kas inficēts ar G. avenacea. Foto: I. Šņepste.



23. att. Lapas nekroze uz sējeņa, kas inficēts ar G. avenacea. Foto: I. Šņepste.

Secinājumi

Daļa bērzu sējeņu, trīs mēnešus pēc inficēšanas ar dažādām patogēnām sēnēm, kas iepriekš tika izolētas LVMI “Silava” Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijā, uzrāda galotnes kalšanas un nekrozes pazīmes. Izteiktākās nekrozes pazīmes vērojamas sējeņos, kas inficēti ar visām četrām sēnēm – no sešiem sējeņiem, trīs uzrāda kalšanas pazīmes. Vienam no

tiem vērojamas nekroze 2 cm garumā. Pārējiem diviem sējeņiem vērojama galotnes pumpuru kalšana un neliela stumbra nekroze. Savukārt atlikušie trīs bērzi ir bez kalšanas pazīmēm. Nākamā izteiktā nekroze novērojama bērzam, kas inficēts ar ātri augošo sēni *B. fuckeliana* – viena cm garumā. Pieļaujot, ka visos sējeņos izteikto nekrozi izraisījusi ātri augošā sēne *B. fuckeliana*, bet daļa no pētījumā iekļautiem sējeņiem šobrīd ir ar nepārliecinošām nekrozes pazīmēm, ir nepieciešams ilgāks laiks, lai tos varētu atbilstoši novērtēt (īpaši sējeņus, kas inficēti ar lēnāk augošām sēnēm). Inficētos stādus turpinās apsekot, novērojot sēņu inficēšanas pazīmes, lai noskaidrotu optimālo vērtēšanas perioda garumu pēc inficēšanas.

Tā kā šobrīd redzamas atšķirības starp stādiem vienas inficēšanas grupas ietvaros, tad ir plānots veikt visu sējeņu genotipēšanu, lai noteiktu piederību konkrētai klona ģimenei. Papildus tiks veikta sekvenēšana, lai noteiktu, kādas patogēnas sēnes būs identificējamās sējeņos ar nekrozes pazīmēm. Sekevenēšanas rezultāti būs kā papildus apstiprinājums inficēšanas metodes efektivitātei, lai to varētu izmantot arī turpmākos eksperimentos bērza klonu pēcnācēju pārbaudēs.

Bērza ģenētikas pētījumi, atlasot vitālākos klonus turpmākajam bērza selekcijas darbam

Pētījuma mērķis ir ar ģenētiskām metodēm analizēt Kalsnavas bērzu plantāciju pēcnācējus un mātes klonus un identificēt vecāku klonus un klona krustojuma kombinācijas slimības izturīgākiem un uzņēmīgākiem pēcnācējiem. Izmantojot DNS marķierus, genotipējot mātes klonus un pēcnācējus, iespējams rekonstruēt ģimenes, identificējot pēcnācējiem iespējamus vecākus. Parastais bērzs ir svešapputes, divmāju suga, un Kalsnavas bērzu sēklu plantācija ir slēgta no apkārtējās vides, tāpēc plantāciju klonu starpā ir pēcnācēju mātes un tēvi (visi putekšņi nāk no plantācija bērzu kloniem). Rezultātu sasniegšanai, veiktas sekojošas aktivitātes – 1) Kalsnavas bērzu plantācijas klonu genotipēšana, lai ģenētiski aprakstītu iespējamus vecāku klonus; 2) Plantāciju pēcnācēju mākslīgā inficēšana ar sēņu tīrkultūrām, nosakot katra indivīda veselības stāvokli – ar slimības pazīmēm vai bez; 3) Pēcnācēju genotipēšana, izmantojot tos pašus DNS marķierus, ar kuriem tika genotipēti plantāciju kloni; 4) iegūto datu analīze, identificējot pēcnācēju iespējamus vecāku klonus (ģimenes rekonstruēšana), un to salīdzināšana ar pēcnācēju inficēšanos.

Materiāli un metodes

Stādmateriāls. 2021. gadā jūnijā mākslīgi inficēti otrā gada dažādu sēklu ģimeņu stādi (Kalsnavas bērzu sēklu plantācijas pēcnācēji). Pavisam inficēšanai izmantoti 791 stādi no 57 kasetēm (9–15 stādi katrā). Pirms inokulācijas visas stādu kasetes apsekotas un nokaltušie vai simptomātiskie stādi izvākti. Atsevišķās kasetēs iesētas sēklas no viena mātes klona. Četriem mātes kloniem bija pēcnācēji divās kasetēs – Pr49 (parauga kods 20578, 20589), Sun95-10 (20597, 20608), Āb6 (20171, 20601), Sun13 (20175, 20179). Divās kasetēs iesētas vidējo paraugu sēklās (20611, 20612). Kopumā mākslīgi inficēti pēcnācēji no 50 norādītiem mātes kloniem (Tabula 9).

Mākslīgi inficēto indivīdu veselības stāvoklis vairākkārt apsekots no 2021. g. jūlija līdz septembrim un stādi atzīmēti kā ieņēmīgi vai izturīgi. DNS izdalīta, izmantojot CTAB metodiku (Hanania et al., 2004), un DNS paraugi genotipēti ar 15 SSR marķieriem (Kulju et al., 2004), pēc iepriekšējos pārskatos aprakstītiem protokoliem.

DNS izdalīta no 522 indivīdiem – 122 indivīdiem ar slimības pazīmēm pēc mākslīgās inficēšanas un 400 indivīdiem bez slimības pazīmēm. No 122 indivīdiem ar slimības pazīmēm 26 bija nokaltuši un DNS izdalīta no sakņu audiem.

Kalsnavas bērzu sēklu plantācijas mātes klonu pārbaude un precizēšana. Iegūtie genotipi analizēti ar programmām GenAlEx 6 (Peakall and Smouse, 2006), Cervus (Kalinowski et al., 2007), COLONY (Jones and Wang, 2010). Alēļu frekvences salīdzinātas starp pēcnācēju un mātes klonu grupām ar GenAlEx 6. Ģimenes rekonstruētas, un noteikti iespējamie vecāki ar Cervus, izmantojot parametrus – genotipa kļūdas frekvence: 0,1; ticamības robežas: 0,80 (atvieglināti), 0,95 (stingri). Līdzīga analīze veikta ar programmu COLONY, un rezultāti savstarpēji salīdzināti.

Rezultāti

Pēc mākslīgās inficēšanas, apkopti dati par pēcnācējiem ar vai bez slimības pazīmēm. Konstatēts, ka ir ģimenes (kasetes), kurās nav konstatēti pēcnācēji ar slimības pazīmēm – Sun10, Bau40-19, Bau40-13, Īle3, Pr49, Īle10, Bau40-25, Gau29, Sun95-22, Vi6, Sun95-8.

Pēc DNS izdalīšanas un paraugu genotipēšanas, veikta kvalitātes kontrole pēcnācēju genotipiem. No tālākas analīzes izslēgti paraugi, no kuriem nav iegūti genotipi no astoniem

markieriem vai vairāk. Pēc kvalitātes kontroles, tālākai analīzei atlasīti 470 pēcnācēji (Tabula 9), no tiem 91 bija ar un 379 bez slimības pazīmēm.

Tabula 9

Analizēto pēcnācēju skaits un mātes klons

N. p. k	Parauga kods 2020	s.pl.	Klons	Pēcnācēju skaits no kā izdalīta DNS	Pēcnācēju skaits atlasīts turpmākai analīzei
1.	2.	3.	4.	5.	6.
1	20570	Kalsnava 4R	And9	11	10
2	20571	Kalsnava 4R	And95-23	12	8
3	20572	Kalsnava 4R	And95-38	12	10
4	20573	Kalsnava 4R	And95-35	9	9
5	20574	Kalsnava 4R	Bau40-14	10	8
6	20575	Kalsnava 4R	And95-44	3	3
7	20576	Kalsnava 4R	Sun10	8	8
8	20577	Kalsnava 4R	Pr2	9	9
9	20578	Kalsnava 4R	Pr49	8	6
10	20579	Kalsnava 4R	Pr29	10	6
11	20580	Kalsnava 4R	Pr11	11	10
12	20581	Kalsnava 4R	Bau40-27	11	11
13	20582	Kalsnava 4R	Bau40-19	4	4
14	20583	Kalsnava 4R	Pr12	8	6
15	20584	Kalsnava 4R	Pr32	8	8
16	20585	Kalsnava 4R	Pr13	10	8
17	20586	Kalsnava 4R	Bau40-13	8	8
18	20587	Kalsnava 4R	Īle3	4	4
19	20588	Kalsnava 4R	Pr33	10	10
20	20589	Kalsnava 4R	Pr49	8	5
21	20590	Kalsnava 4R	Bau40-28	10	9
22	20591	Kalsnava 4R	Īle10	4	4
23	20592	Kalsnava 4R	Bau40-25	4	4
24	20593	Kalsnava 4R	Īle7	8	8
25	20594	Kalsnava 5A	Limb18/844	13	8
26	20595	Kalsnava 5A	Ces44	9	6
27	20596	Kalsnava 5A	Dau31	8	8
28	20597	Kalsnava 5A	Sun95-10	18	16
29	20598	Kalsnava 5A	Sun23	9	7
30	20599	Kalsnava 5A	Med36	10	9
31	20600	Kalsnava 5A	Sv26	8	8
32	20165	Kalsnava 5A	Gau29	8	8
33	20166	Kalsnava 5A	Sun95-36	10	9
34	20167	Kalsnava 5A	Dauk31	10	10
35	20168	Kalsnava 5A	Āb27	9	9
36	20169	Kalsnava 5A	Med34	8	8

Tabula 9 (turpinājums)

1.	2.	3.	4.	5.	6.
37	20170	Kalsnava 5A	Viļ6	8	8
38	20171	Kalsnava 5A	Āb6	8	8
39	20172	Kalsnava 5A	Sun95-22	8	8
40	20173	Kalsnava 5A	Sv95-7	9	9
41	20174	Kalsnava 5A	Āb18	10	10
42	20175	Kalsnava 5A	Sun13	13	11
43	20176	Kalsnava 5A	Ces45	10	10
44	20177	Kalsnava 5A	Ces25	16	15
45	20178	Kalsnava 5A	Dau7	9	8
46	20179	Kalsnava 5A	Sun13	8	8
47	20180	Kalsnava 5A	Viļ2	13	11
48	20601	Kalsnava 5A	Āb6	11	10
49	20602	Kalsnava 5A	Gau4	9	8
50	20603	Kalsnava 5A	Ces18	11	11
51	20606	Kalsnava 5A	Med14	10	7
52	20607	Kalsnava 5A	Vi6	8	8
53	20608	Kalsnava 5A	Sun95-10	8	6
54	20609	Kalsnava 5A	Sun95-8	8	8
55	20610	Kalsnava 5A	Kok12	8	7
56	20611	Kalsnava 3A	vid.paraugs	8	8
57	20612	Kalsnava 5A	vid.p.	9	9

Iespējamie vecāku kloni identificēti ar Cervus un COLONY programmām. Salīdzinot iegūtos datus ar norādītiem mātes kloniem, Cervus programmas rezultāti sakrīta ar norādītiem mātes kloniem 61% analizētos pēcnācējos (kuriem mātes kloni ir norādīti ģimenes sarakstā), COLONY programmas rezultāti sakrīta ar norādītiem mātes kloniem 60% analizētos pēcnācējos. No 372 pēcnācējiem, kuriem tika identificēti viens vai abi iespējamie vecāki ar COLONY programmu, 45 indivīdiem (12%) netika identificēts vismaz viens kopīgs iespējamais vecāku klons ar Cervus programmu. Kopīgi salīdzinot Cervus, COLONY, un norādīto mātes klonu datus, tikai 19 pēcnācējiem (no 453 pēcnācējiem ar norādītu mātes klonu) nesakrīta ar vismaz divām no trīs analīzes programmām/veidiem identificētie iespējamie vecāku kloni (t.i. identificētie vecāku kloni bija savstarpēji atšķirīgi ar visiem analīzes veidiem).

Cervus programma visiem pēcnācējiem identificēja abus iespējamos vecākus – no 276 pēcnācējiem, kur sakrīta ģenētiski nosacītais mātes klons ar norādīto mātes klonu, 208 pēcnācējiem identificēja visticamāko tēva klonu, no tiem 155 bija virs 80% ticamības robežas, un 81 virs 95% ticamības robežas. Apkopojot iegūtos rezultātus, pēcnācējiem ar slimības pazīmēm identificēti visbiežāk sastopamie mātes un tēvu kloni, un pēcnācēju ar slimības pazīmēm īpatsvars noteikts, ņemot vērā kopējo analizēto pēcnācēju skaitu (Tabula 10).

Ar Cervus programmas analīzi identificētas 90 *'full-sib'* ģimenes – ģimenes, kur pēcnācējiem ir tie paši mātes un tēva kloni. No 90 *'full-sib'* ģimenēm, 27 ģimenēs konstatēti pēcnācēji ar slimības pazīmēm. Parastais bērzs ir divmāju suga, un tāpēc ar šajā pētījumā izmantotām ģenētiskām analīzēm nav iespējams identificētiem vecāku kloniem noteikt, kurš ir mātes, un kurš tēvu klons. No 27 *'full-sib'* ģimenēm, kurām konstatēti pēcnācēji ar slimības pazīmēm, 17 ģimenēm identificēts viens vai abi iespējamie vecāku kloni, kuri identificēti kā kloni ar visaugstāko pēcnācēju ar slimības pazīmēm konstatēto pēcnācēju skaitu (Tabula 10 un Tabula 11). 27 *'full-sib'* ģimenes iespējamo vecāku klonu sarakstā atrodami četri kloni, kuru

pēcnācējiem nav konstatētas slimības pazīmes (Bau40-13, Bau40-19, Bau40-25, Gau29) (Tabula 11 atzīmēti ar +), kas norāda, ka identificētie vecāku kloni ir tēvu kloni. Divās 'full-sib' ģimenēs, otrais vecāku klons bija jau iepriekš identificēts ka klons ar lielāku pēcnācēju ar slimības pazīmēm īpatsvaru (Ile7 un Bau40_25; Vil2 un Gau29).

Tabula 10

Kloni ar visaugstāko pēcnācēju ar slimības pazīmēm konstatēto pēcnācēju skaitu. Treknrakstā atzīmēti kloni, kuriem 25% vai vairāk pēcnācējiem novērotas slimības pazīmes.

Klons	Pēcnācēju skaits ar slimības pazīmēm	Kopējais analizēto pēcnācēju skaits	Pēcnācēju ar slimības pazīmēm īpatsvars
Med36*	4	9	0,44
And9*	4	10	0,40
Vil2*	4	11	0,36
Sv95-7*	3	9	0,33
Med14*	2	7	0,29
Ces18*	3	11	0,27
Ces25*	4	15	0,27
Īle7*	2	8	0,25
Med34*	2	8	0,25
And95-23*	2	8	0,25
Bau40-14*	2	8	0,25
Sun95-10	5	22	0,23
Sun13	4	19	0,21
Pr33	2	10	0,20
Ces45	2	10	0,20
And95-38	2	10	0,20
Pr11	2	10	0,20
Āb6	2	18	0,11

* – kloni, kuriem 25% vai vairāk pēcnācējiem novērotas slimības pazīmes.

Tabula 11

'Full-sib' ģimenes, kurās konstatēti pēcnācēji ar slimības pazīmēm

Vecāku klons 1	Vecāku klons 2	Kopējais pēcnācēju skaits 'full-sib' ģimenē	Pēcnācēju skaits ar slimības pazīmēm	Pēcnācēju ar slimības pazīmēm īpatsvars
Dau31	Med34*	2	2	1,00
Sun95 10	Sv95 7*	2	2	1,00
And95 35	Pr33	3	2	0,67
Bau40 19+	Sun13	3	2	0,67
Ab6	Med34*	4	2	0,50
And95 23*	Bau40 14*	2	1	0,50
And95 23*	Ces25*	2	1	0,50
And95 35	Med34*	2	1	0,50
And95 35	Pr29	2	1	0,50
And9*	And95 23*	2	1	0,50
And9*	Bau40 28	4	2	0,50
Bau40 13+	Pr32	2	1	0,50
Bau40 14*	Ces25	2	1	0,50
Bau40 27	Ile7*	2	1	0,50
Bau40 28	Pr32	2	1	0,50
Dau31	Sun13	2	1	0,50
Pr32	Sv95 3	2	1	0,50
Sun10	Med34*	2	1	0,50
Sun95 10	Ab18	2	1	0,50
Sun95 10	Pr13	2	1	0,50
Vil2*	Ab18	2	1	0,50
Vil2*	Med36*	2	1	0,50
Bau40 25+	Ile7*	3	1	0,33
Med34*	Sun23	3	1	0,33
Vil2*	Gau29+	3	1	0,33
And95 35	Pr32	4	1	0,25
And95 23*	Bau40 27	5	1	0,20

* – kloni, kuriem 25% vai vairāk pēcnācējiem novērotas slimības pazīmes.

+ – mātes kloni, kuru pēcnācējiem nav konstatēta slimības pazīmes.

Diskusija

Iespējamie iemesli, kāpēc visi iegūtie rezultāti savstarpēji nesakrita, varētu būt genotipēšanas kļūdas vai mātes klonu identifikācijas kļūdas (nepareizais ģimenes numurs pievienots stādu kasetei). Ar izmantotiem marķieriem varēja unikāli atšķirt visus mātes klonus, kā arī visus pēcnācējus. Tomēr precīzai ģimenes rekonstrukcijai un iespējamo vecāku identifikācijai ir nepieciešams liels marķieru skaits ar augstu informācijas saturu un precizitāti. Izmantojot papildu marķierus, un precizējot plantāciju klonu sastāvu, iespējams paaugstināt sakrītību starp ģenētiskiem datiem un norādīto mātes klonu datiem. DNS kvalitāte arī varētu ietekmēt rezultātus. Pirms tālākas analīzes atlasīti paraugi, kuriem iztrūka genotipi no astoņiem marķieriem vai vairāk. Lielākā daļa no izslēgtiem paraugiem bija no pēcnācējiem ar slimības pazīmēm (31 paraugs no 122), salīdzinot ar pēcnācējiem bez slimības pazīmēm (21 paraugs no

400). Tas liecina, ka DNS, kas izdalīta no pēcnācējiem ar slimības pazīmēm, ir zemākas kvalitātes. Attiecīgi, nesekmīgie genotipēšanas gadījumi un genotipēšanas kļūdas šādos paraugos būs palielinātas.

Inficēšanas spiediens un iespējas ir bijušas augstas, jo inficēšanās ir notikusi jau pirms mākslīgās inficēšanas eksperimenta (1% bērzu stādu konstatēta galotnes vai visa stāda nokalšana) (dati no 2021. g. rezultātiem). Tomēr mākslīgās inficēšanas rezultāti ir visticamākie tiem paraugiem, kuriem novērotas slimības pazīmes. Paraugiem bez slimības pazīmēm varētu būt dažādi izskaidrojumi – vai nu indivīdam ir lielāka izturība pret patogēniem, vai arī pastāv iespēja, ka mākslīgā inficēšanās nav bijusi efektīva, un indivīds ir izvairījies no saslimšanas, jo nav bijuši optimālie apstākļi sekmīgai inficēšanai. Mākslīgā inficēšana veikta, apsmidzinot stādus ar sēņu kultūru suspensiju. Iespējams, ka stādu izvietojums kasetēs vai poligonā ietekmē inficēšanas rezultātu. Padziļināta analīze nav veikta par indivīda vai kasetes izvietojuma ietekmi uz inficēšanas sekmēm.

Ierobežotais plantāciju sēklu apjoms nedeva iespēju atkārtoti veikt mākslīgu inficēšanu, kā arī veikt novērojumus par Kalsnavas sēklu plantāciju pēcnācēju veselības stāvokli stādaudzētavās. Palielinoties sēklu ražai, būs iespēja veikt papildu eksperimentus un novērojumus, nosakot pēcnācēju izturību pret slimībām dažādos augšanas apstākļos. Iegūtie rezultāti liecina, ka 60% pēcnācējiem, ar ģenētiskām metodēm identificētais vecāku klons sakrita ar norādīto mātes klonu. Palielinot izmantoto, marķieru skaitu, precizējot klonu sarakstus un genotipus, kā arī samazinot iztrūkstošu genotipu īpatsvaru, varētu uzlabot vecāku klonu identificēšanas precizitāti. Rezultāti ļāva identificēt ģimenes, kurām netika novēroti pēcnācēji ar slimības pazīmēm, kā arī klonus, kuru pēcnācējiem ir augstāks indivīdu īpatsvars ar slimības pazīmēm. Iegūtā informācija par izturību vai ieņēmīgumu pret slimībām būtu jāvērtē kopā ar citām klonu īpašībām (pieaugumu, kvalitāti utt.).

Secinājumi

Ģimenes, kurām netika novēroti pēcnācēji ar slimības pazīmēm (norādītie mātes kloni) – Sun10, Bau40-19, Bau40-13, Īle3, Pr49, Īle10, Bau40-25, Gau29, Sun95-22, Vi6, Sun95-8.

Ģimenes, kurām 25% vai vairāk pēcnācēji bija ar slimības pazīmēm pēc mākslīgās inficēšanas – Med36, And9, Vil2, Sv95-7, Med14, Ces18, Ces25, Ile7, Med34, And95-23, Bau40-14. No šiem 11 kloniem 9 identificēti kā iespējamie vecāki ‘*full-sib*’ ģimenēs, kurās konstatēti pēcnācēji ar slimības pazīmēm.

Kalsnavas jaunās bērza sēklu plantācijas pasportizācija ar 15 mikrosatelītu marķieriem

1. etapā paredzētās aktivitātes

1. Paraugu ievākšana no Kalsnavas plantācijas.
2. DNS izdalīšana no ievāktiem paraugiem.
3. DNS paraugu pasportizācija un datubāzes izveidošana.

1. etapā veiktie darbi

Tabula 12

2. pakāpes Bērza sēklu plantācijas kloni.

Rietumu kloni		Austrumu kloni		
And 9	Pr 12	Āb 17	Kok 12	Sun 95-36
And 95-23	Pr 13	Āb 18	Limb 18/844	Sun 95-8
And 95-35	Pr 2	Āb 24	Med 34	Sv 26
And 95-38	Pr 29	Āb 27	Med 36	Sv 95-3
And 95-44	Pr 32	Āb 29	Med 4	Sv 95-7
Bau 40-13	Pr 33	Āb 6	Sun 13	Vi 2
Bau 40-14	Pr 44	Ces 25	Sun 15	Dau 11
Bau 40-19	Pr 49	Ces 34	Sun 23	Dau 31
Bau 40-25	Īle 10	Ces 44	Sun 24	Dau 6
Bau 40-27	Īle 26	Ces 45	Sun 95-10	Dau 7
Bau 40-28	Īle 27	Ces 9	Sun 95-22	Gau 29
Īle 3	Pr 11	Vi 6	Zil 1	Gau 4
Īle 7				

Paraugu ievākšana, DNS izdalīšana, paraugu pasportizācija un datubāzes izveidošana.

Bērza 2. pakāpes siltumnīcas plantācija sadalīta rietumu un austrumu daļās. Rietuma daļā ir 25 dažādi kloni, austrumu daļā – 36 (Tabula 12).

Bērzu plantācijas molekulārā pasportizācija metodika

Bērzu paraugi tika ievākti, DNS izdalīts izmantojot CTAB metodiku (Hanania et al., 2004), un genotipēts ar 15 SSR marķieriem (Kulju et al., 2004). Genotipēšanas rezultāti salīdzināti ar klonu pasēm un citiem bērzu klona pasportizācijas datiem (izstrādāti ar 5 marķieriem).

Materiāls

Analīzei ņemti bērzu lapu vai koksnes paraugi.

DNS izdalīšana

1. Bērzu paraugu (apm. 50 mg) sagriež piestiņās mazākos gabalos (aptuveni 1–3 mm), pievieno 600 µl ūdens termostatā 65°C temperatūrā uzsildīta ekstrakcijas bufera un saberž. Paraugus pārlej 2 ml stobriņā.
Ekstrakcijas bufera sastāvs (uz 100 ml):
2 g cetiltrimetilamonija bromīda (CTAB) (2%)

- 8,19 g NaCl (1,4 M)
 1,21 g TRIS-HCl (0,1 M)
 0,58 g EDTA (20 mM)
2. Pievieno destilētu ūdeni līdz tilpumam 100 ml, pH 8.
 3. Stobriņus ar paraugiem ievieto ūdens termostatā 65°C temperatūrā un inkubē 15–20 min.
 4. Pēc inkubācijas paraugiem pievieno 600 µl hloroforma (nodrošinot supernatanta attiecību pret hloroformu 1 : 1).
 5. Stobriņus ar paraugiem uzmanīgi samaisa 3–5 min uz maisītāja “Bio Vortex V1” (*Biosan*, Latvija) vai vairākkārt apgriežot tos otrādi.
 6. Paraugus ievieto centrifūgā “Centrifuge 5242” (*Eppendorf*, Vācija) un centrifugē 10 min ar centrālās spēku 13000 g 10 min.
 7. Stobriņus uzmanīgi izņem no centrifūgas un ar pipeti uzmanīgi nosūc tajos esošo supernatantu, kuru pārnes jaunā 1,5 ml *Eppendorf* stobriņā.
 8. Paraugiem atkārtoti pievieno hloroformu attiecībā pret supernatantu 1 : 1.
 9. Atkārti 5.–7. punktus.
 10. Paraugiem pievieno ūdens termostatā 65°C temperatūrā uzsildītu 5x CTAB buferi 1/5 daļu no supernatanta tilpuma (ja supernatanta tilpums ir 450 µl, pievieno 90 µl 5x CTAB bufera).
 5x CTAB bufera sastāvs (uz 100 ml):
 5 g CTAB (5%)
 0,22 g EDTA (350 mM)
 11. Stobriņus ar paraugiem uzmanīgi vorteksē vai samaisa, vairākkārt apgriežot tos otrādi 3–5 min, un tad ievieto ūdens termostatā 65°C temperatūrā un inkubē 10 min.
 12. Pēc inkubācijas paraugiem pievieno hloroformu attiecībā pret supernatantu 1 : 1.
 13. Paraugus vorteksē vai krata 3–5 min un tad centrifugē ar centrālās spēku 13000 g 10 min.
 14. Pēc centrifugācijas stobriņus ar paraugus uzmanīgi izņem no centrifūgas un ar pipeti uzmanīgi nosūc tajos esošo supernatantu, kuru pārnes jaunā 1,5 ml *Eppendorf* stobriņā.
 15. Paraugiem pievieno izopropanolu 70% no supernatanta tilpuma (ja supernatanta tilpums ir 450, pievieno 315 µl izopropanola).
 16. Stobriņu saturu samaisa, vairākkārt apgriežot tos otrādi.
 17. Paraugus inkubē 20–30 min istabas temperatūrā.
 18. Pēc inkubācijas stobriņus centrifugē ar centrālās spēku 13000 g 10 min.
 19. Pēc centrifugācijas no stobriņa izlej visu šķidrumu (DNS nogulsnes paliek pielipušas pie stobriņa dibena).
 20. DNS paraugus mazgā ar 70% etanolu, paraugiem pievienojot 1 ml –20°C auksta 70% etanola. Stobriņus centrifugē ar centrālās spēku 13000 g 3–5 min.
 21. No stobriņiem izlej visu šķidrumu.
 22. Atkārti 20., 21. punktus.
 23. Paraugus novieto uz tīra filtrpapīra atvērtā veidā un ļauj nožūt spirtam (apmēram 30 min).
 24. Kad spirts ir izžuvis, DNS nogulsnes izšķīdina, uzlejot tiem 100 µl 1x TAE bufera.
 25. Paraugus novieto led1/IISkapī +4°C temperatūrā uz 24 h, ļaujot DNS pilnībā izšķīst.

Bērzu sēklu plantāciju genotipēšana

Tika izmantoti sekojoši bērzu mikrosatelītu kodola DNS praimeris: L7.8, L7.4, L1.10, L5.1, L3.1, L2.7, L4.4, L2.3, L2.2, L3.4, L7.3, L5.4, L022, L13.1 (1. pielikums). Marķieris L2.2 amplificē 2 lokusus, tāpēc kopumā tika genotipēti 15 lokusi.

1. PCR reakcija

(kopējais reakcijas tilpums – 20 µl):

1 µl DNS	
Taq buferis x10	2 µl
MgCl ₂	1,6 mM
dNTP	0,2 mM
Praimeris F	1,0 µl (4 µM)
Praimeris R	1,0 µl (4 µM)
BSA	0,25 µl
Taq polimerāze	0,14 µl
H ₂ O	12,21 µl

2. PCR reakcijas apstākļi:

- Denaturācija 95°C 4 min.
- 38 cikli,
- denaturācija 95°C, 20 sekundes,
- praimeru pielipšana 53°C, 20 sekundes,
- elongācija 72°C, 40 sekundes,
- Beigu elongācija 72°C, 10 min.

Reakcija tika veikta PCR termociklerī “Mastercycler EPgradient” (Eppendorf, Vācija).

PCR reakcijā iegūtos DNS fragmentus analizē ar DNS sekvenatoru Applied Biosystems 3100x/-Avant Genetic Analyzer ABI un genotipē izmantojot GeneMapper programmu.

PCR reakcijā iegūtos DNS fragmentus analizē ar DNS sekvenatoru Applied Biosystems 3100x/-Avant Genetic Analyzer ABI un genotipē izmantojot GeneMapper programmu.

Materiāli:

- Polimērs 3100 POP-7 TM („ABI”)
- Hi-Di TM Formamide („ABI”)
- GeneScan TM -350 ROX TM Size Standard („ABI”)
- Buffer (10 X) ar EDTA („ABI”)
- 16 kanālu kapilārs 36 cm.

Paraugu sagatavošana genotipēšanai.

Apvieno pa 1,0 µl katru PCR iegūtos fragmentus ar atšķirīgām krāsvielu iezīmēm (6-FAM, HEX, NED), pievieno 0,7 µl GeneScan TM-350 ROX Size Standard un 8 µl Hi-Di TM formamīda. Denaturē termociklera aparātā 95°C temperatūrā 5 minūtes. Strauji atdzesē līdz 0°C.

Rezultātu kopsavilkums

Iegūtie klonu pasportizācijas rezultāti salīdzināti ar klonu pasēm (ja tās bija pieejamas). Iepriekš iegūtās klonu pasēs un citi pasportizācijas dati izmantoti, lai apstiprinātu klonu identitāti. No 36 austrumu kloniem bija iespējams apstiprināt klonu identitāti 25 kloniem, un no 25 rietumu kloniem bija iespējams apstiprināt klonu identitāti 23 kloniem. Atlikušiem kloniem pietrūka datu (nesanākušas genotipēšanas analīzes), vai arī nesakrita ar iepriekš iegūtām klonu pasēm. Šie paraugi tiks atkārtoti analizēti, lai apstiprinātu Kalsnavas jaunās bērza 2. pakāpes plantācijas klonu identitāti. Arī tiks veikta atkārtota genotipēšana, tiem paraugiem, kuriem nebija iegūti genotipēšanas rezultāti ar vienu vai vairākiem marķieriem. Genotipēšanas rezultāti apkopoti pielikumā.

Izmantotie 15 marķieri bija ar augstu informācijas saturu, un visiem apstiprinātiem kloniem bija atšķirīga ģenētiskā pase. Savstarpēji salīdzinot klonu pasēs, vidēji bija 11.2 atšķirības starp klonu pāriem. Kloni, kuriem bija zem 10 atšķirības ar citiem kloniem,

viens vai vairāki marķieri nebija devuši rezultātus. Šiem kloniem genotipēšanas tiks atkārtota, un klonu pase papildināta.

Iegūtie rezultāti liecina, ka 15 izmantotie marķieri ir informatīvi, un ar šo marķieru komplektu pasportizējot berzu plantācijas pēcnācējus, būs iespējams sadalīt tos pa ģimenēm un identificēt mātes klonus.

Literatūra

Hanania U.R.I., Velcheva M., Sahar N. 2004. An Improved Method for Isolating High-Quality DNA From *Vitis vinifera* Nuclei. *Plant Molecular Biology Reporter*, (June): 173-177.

Kulju K.K.M., Pekkinen M., Varvio S. 2004. Twenty-three microsatellite primer pairs for *Betula pendula* (Betulaceae). *Molecular Ecology Notes*, 4(3): 471-473; doi: 10.1111/j.1471-8286.2004.00704.x.

Bērzu augšanas gaita māla un meliorētās kūdras augsnēs

Materiāls un metodes

Kokaudžu atlase

Pētījuma vajadzībām 2018. un 2019. gadā uzmērītas 20 bērza kokaudzes māla un 20 kokaudzes meliorētās kūdras augsnēs. Kokaudžu atlases kritēriji:

- dominējošā suga āra bērzs;
- vecums no 15 līdz 40 gadiem;
- audzes biežība virs 6;
- I^a un I bonitātes audzes;
- platība lielāka par 0,5 ha, lai pilnvērtīgi ierīkotu 2 apļveida parauglaukumus, izvairoties no blakusesošo nogabalu ietekmes.

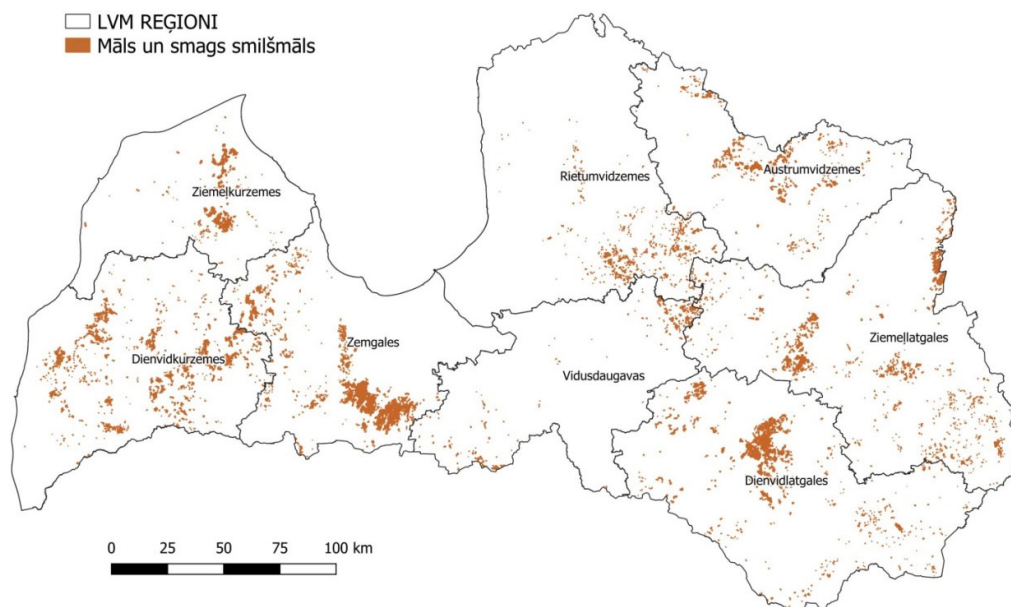
Āra bērza augšanas pētījumiem meliorētajās kūdras augsnēs atlasītas bērzu audzes Ks un Kp meža tipos, bet māla un smaga smilšmāla augsnes – Vr, Gr, Vrs, Grs meža tipos. Pirms kokaudzes uzmērīšanas nogabali apsekoti un novērtēti to piemērotība pētījumam un atbilstība atlases kritērijiem, piemēram, vai kūdras slānis ir vismaz 30 cm, vai platībā dominē āra bērzs, utt. Bērzu sugu noteikšanai (purva vai āra bērzs) izmantotas koku morfoloģiskās pazīmes, tomēr, lai pārliecinātos par sugu korektu noteikšanu, vairāku “strīdīgāko” koku mizas paraugi nogādāti laboratorijā, kur tiem veikts ķīmiskais tests⁵. Mizas iekšējā slāņa ķīmiskais tests balstās uz pazīmi, ka starp āra bērzu un purva bērzu pastāv atšķirības dažādu fenola savienojumu koncentrācijas ziņā. Āra bērza miza satur lielu daudzumu fenola savienojumu, kas ķīmisku reaģentu iekrāso oranžā krāsā. Turpretī purva bērza mizā šo savienojumu nav, tādēļ purva bērza miza reaģentu neiekrāso. Pētījumā pārbaudot “strīdīgos” bērzus ar ķīmiskā testa palīdzību iezīmējās tendence pēc koka ārējām pazīmēm āra bērzu reģistrēt kā purva bērzu, kas pēc tam datu failos attiecīgi izlabots.

Lai pētījuma ietvaros apzinātu potenciālos māla un smaga smilšmāla reģionus valstī, ir izmantotas laika posmā no 2014.–2016. gadam digitalizētās vēsturiskās lauksaimniecības augšņu kartes⁶. Digitālā augšņu datu bāze ietver informāciju arī par augsnes granulometriskā sastāva grupu, kas nepieciešama potenciālo māla un smaga smilšmāla reģionu identifikācijai. Balstoties uz kartogrāfisko informāciju (24. att.), LVM apsaimniekotajās teritorijās atlasīti māla un smaga smilšmāla reģioniem pieguļošie vai netālu esošie bērza nogabali pieņemot, ka to augšņu granulometriskie rādītāji varētu būt līdzīgi.

Lai apstiprinātu, ka izvēlēta bērzu kokaudze tiešām aug māla vai smaga smilšmāla augsnē, izmantota augsnes granulometriskā sastāva noteikšanas metodika lauka apstākļiem. Augsnes granulometriskais sastāvs noteikts parauglaukuma vidū 20–30 cm dziļumā izraktam augsnes paraugam. No izraktās augsnes ar rokām paņem nelielu paraugu, samitrina līdz biezas pastas stāvoklim, starp plaukstām mēģina izveidot bumbiņu (1 cm diametrā), no kuras pēc tam stienīti, 3 mm diametrā, kuru liec gredzenā. Atkarībā no bumbiņas, stienīša, gredzena, nosaka augsnes granulometriskā sastāvu (Tabula 13).

⁵ Lundgren L.N., Pan H., Theander O., Eriksson H., Johansson U., Svenningsson M. 1995. Development of a new chemical method for distinguishing between *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. Canadian Journal of Forest Research, 25: 1097-1102.

⁶ <https://geolatvija.lv>.



24. att. Latvijas augšņu virskārtas granulometriskā sastāva karte.

Māla un smaga smilšmāla augšņu īpatsvars pēc lauksaimniecības zemju kartēšanas datiem ir aptuveni 9%. Vislielākais māla un smaga smilšmāla augšņu īpatsvars ir Jelgavas un Preiļu novadā, kā arī Talsu un Saldus novados.

Tabula 13

Augšņu granulometriskā sastāva noteikšana lauka apstākļos.

Bumbiņa	Stienītis	Gredzentiņš	Granulometriskais sastāvs
Spīdīga, gluda	Noturīgs	Gluds	Māls
Spīdīga	Noturīgs	Nelielas plaisas	Smags smilšmāls
Matēta	Noturīgs	Ar dziļām plaisām	Vidējs smilšmāls
Nespodra	Paceļot aiz gala sadalās	Lūzt	Viegls smilšmāls
Nelīdzena	Nesaturīgs	Nevar izveidot	Mālsmilts
Irdena	Nevar izveidot	Nevar izveidot	Saistīga smilts
Nevar izveidot	Nevar izveidot	Nevar izveidot	Smilts

Parauglaukumu ierīkošana un uzmērīšana

Kokaudzes raksturošanai katrā audzē ierīkoti divi 500 m² lieli apļveida parauglaukumi, kuros visiem kokiem uzmērīts krūšaugsstuma caurmērs un 12 koku augstums katrai sugai specifiskas augstumlīknes konstruēšanai. Āra un purva bērza taksācijas parametri rēķināti atsevišķi, pielietojot izveidotās augstumlīknes. Papildus audžu taksācijas rādītāju noteikšanai, bērziem subjektīvi, novērtējot stumbru līkumainību un zarojuma kvalitāti, veikts iedalījums 5 kvalitātes grupās:

- 1) zemākais vērtējums; koks ar ļoti nekvalitatīvu stumbru un zarojumu (stumbrs nebūs izmantojams finierkluču ieguvei).
- 2) koks ar nekvalitatīvu zarojumu (dubultgalotne, vai padēls) vai sliktu stumbra formu (līkumains, zobenveida izliekums).

- 3) Normālas kvalitātes koks. Stumbrs ar nelielu likumainību, var būt dubultgalotne vai padēls stumbra augšējā daļā, kas nozīmīgi nesamazina stumbra kvalitāti.
- 4) Stumbrs taisns, zarojums labs, tomēr nedaudz atpaliek no ideālā koka parametriem.
- 5) Nevainojamas kvalitātes koks, meža selekcijā vērtējams kā pluskoks.

Rezultāti

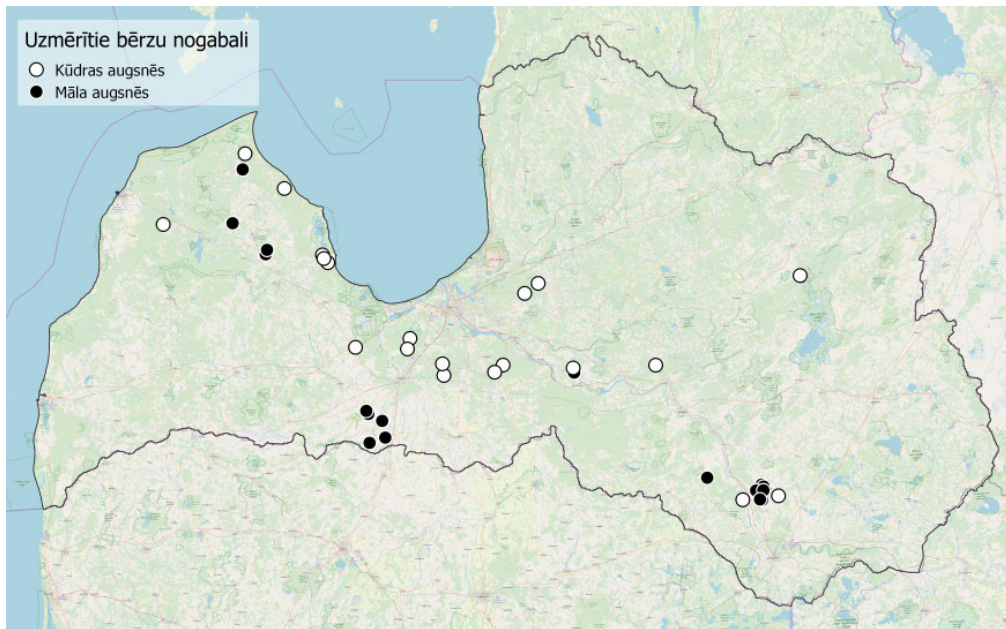
Kokaudžu apsekošana

Atlasot pētījuma izpildei nepieciešamo audžu skaitu, pavisam bija nepieciešams apsekot 113 meža nogabalus meliorētās kūdras augsnēs un 60 meža nogabalus māla un smaga smilšmāla augsnēs. 11 meža nogabali tika atzīti par nederīgiem, jo tajos kūdras slānis izrādījās seklāks par 30 cm (neatbilst kūdreņa definīcijai). Līdzīga situācija bija ar datubāzē atlasītajiem meža nogabaliem potenciālajās māla un smaga smilšmāla augsnēs, kur augsnes granulometriskā sastāva neatbilstība atlasē kritērijiem konstatēta 10 nogabalos. Tas kopumā apliecina, ka Latvijas augšņu granulometriskā sastāva kartē (24. att.) iezīmētie māla un smaga smilšmāla reģioni diezgan precīzi raksturo ne vien lauksaimniecības zemes, bet ir izmantojami arī pieguļošo meža zemju platību novērtēšanai.

Galvenais platību neatbilstību iemesls bija tas, ka apsekotās platībās dominēja purva nevis āra bērzu. Kritērijs par labāko bonitāšu audžu atlasīti tika izvēlēti, lai iespējami izslēgtu purva bērza kokaudzes (kuras parasti ir mazāk produktīvas), tomēr mūsu novērojumi liecina, ka arī labāko bonitāšu bērzu audzēs var dominēt purva bērzs. Apsekotajās labāko bonitāšu kūdras augsnēs purva bērzs dominēja 85 (78%) meža nogabalos, bet māla augsnēs 30 (60%) nogabalos. Bērza audžu atlasē laikā nācās secināt, ka purva bērzs parasti dominē ne vien meliorētajos meža tipos, bet arī daudzos no izvēlētajiem slapjajiem (Vrs un Grs) un pat auglīgajos sausieņu mežos smagās mālu saturošās augsnēs.

Piemēram, pēc Somijas meža inventarizācijas datiem 90% un 98% no kopējās bērzu krājas (attiecīgi Somijas dienvidu un ziemeļu daļā) kūdrājos veido purva bērzi. Āra bērzs vislabāk jūtās vieglās, barības vielām bagātās mālsmits un smilts augsnēs. Māla un smaga smilšmāla augsnes bieži vien ir pārāk sablīvētas priekš āra bērza ieaugšanas un koku augšanu ietekmē saliktā aerācija un sakņu applūšana. Turpretī purva bērzam augšanas apstākļu prasības nav tik striktas kā āra bērzam. Purva bērzs ir pioniersuga, kura pamatā kolonizē kūdras augsnes un minerālaugsnes ar sliktu ūdens drenāžu, tāpēc apsekotajos stādījumos purva bērza dominanci no šāda skatupunkta var viegli izskaidrot, jo gan kūdras augsnēs, gan arī māla un smaga smilšmāla augsnēs ir apgrūtināta ūdens notece.

Bērza augšanas gaitas raksturošanai smagās māla un kūdras augsnēs kokaudzes izvēlētas tā, lai būtu pārstāvētas bērzu audzes gan Latvijas rietumu, gan austrumu daļā (25. att.).



25. att. Ģeogrāfisks uzmērīto bērza audžu izvietojums.

Kokaudžu taksācijas rādītāji

Pētījuma ietvaros māla, smaga smilšmāla un kūdras augsnēs uzmērīto bērzu audžu saraksts un to aprēķinātie taksācijas rādītāji apkopoti Tabula 14 un Tabula 15. Pēc taksācijas rādītāju apkopošanas secināts, ka gandrīz visos pētījumā uzmērītajos nogabalos bērzu īpatsvars bija lielāks par 70%, izņēmums ir viena audze Ziemeļkurzemē (186. kv. 2. nog.), kur vidēji abos parauglaukumos bērzu īpatsvars no kopējo koku skaita bija 64%. Bonitāte pētījumā aprēķināta pēc M. Orlova matemātiskās aproksimācijas koeficientiem bērzu atvasājiem, kur tiek ņemts vērā audzes vecums un vidējais H. Pēc bonitātes aprēķināšanas tikai vienam nogabalam Ziemeļkurzemē (34. kv. 6. nog.) bonitāte ir II (Tabula 15); pārējām uzmērītajām platībām konstatēta I vai I^a bonitāte.

Augšanas apstākļu ietekme uz uzmērīto āra bērza kokaudžu krāju novērtēta ar kovariācijas analīzi, kurā augšanas apstākļi (māla vai kūdras augsnes) atzīmēti kā fiksētais faktors, bet audzes vecums kā kovariants, šāda veidā izslēdzot audzes vecuma ietekmi uz produktivitāti. Mūsu dati apliecināja, ka audzes krāja (gan nogabala kopēja, gan atsevišķi bērzu) starp kokaudzēm kūdras un māla augsnēs būtiski neatšķiras. Tas norāda, ka āra bērza kokaudžu augšanas gaita meliorētās kūdras augsnēs un māla augsnēs varētu būt diezgan līdzīga. Iepriekšminēto apstiprina arī atjauninātie bērza augšanas gaitas modeļi⁷, kuri, prognozējot kokaudžu rādītājus 50 gadu vecumā, neuzrāda būtisku vidējā D un H atšķirību starp āra bērza audzēm meliorētās kūdras un māla augsnēs.

⁷ Donis J., Šņepsts G., Zdors L., Zariņš J. 2018. Augšanas gaitas modeļu pilnveidošana. Pārskats par pētījuma 2018. gada rezultātiem. Salaspils, LVMI "Silava", 61 lpp.

Tabula 14

Uzmērītās bērzu audzes meliorētajās kūdras augsnēs.

Mežsaimniecība	KvApg	Kv	Nog	Audzes vecums	Bon	Kopeža krāja, m ³ ha ⁻¹	Bērzu krāja, m ³ ha ⁻¹	Attiecība*	Āra bērzs		Purva bērzs	
									D, cm	H, m	D, cm	H, m
Rietumvidzemes	409	296	1	20	Ia	107,7	106,0	7:3	15,9	18,3	12,5	16,2
Rietumvidzemes	409	465	10	30	I	228,7	224,3	7:3	16,6	21,7	10,5	16,9
Vidusdaugavas	508	165	16	28	Ia	267,1	223,7	9:1	18,2	23,1	13	18,8
Vidusdaugavas	508	206	7	17	Ia	109,2	100,6	8:2	12,5	16,7	11,9	17,1
Vidusdaugavas	502	457	2	30	Ia	246,9	174,7	9:1	15,0	22,7	11,3	16,6
Zemgales	609	141	19	23	Ia	138,4	130,1	10:0	18,0	23,1	10,5	17,7
Zemgales	609	182	10	22	Ia	190,4	163,5	9:1	20,1	22,5	12,3	17,3
Zemgales	601	193	8	20	Ia	100,1	84,7	6:4	12,2	15,6	9,5	13,7
Zemgales	601	212	24	23	I	113,5	84,9	6:4	16,7	16,2	12,2	13,9
Zemgales	610	283	4	18	Ia	125,8	120,1	6:4	13,6	17,2	11,9	16,2
Zemgales	601	299	3	18	Ia	92,2	79,0	7:3	12,1	14	9,7	12,5
Ziemeļlatgales	111	32	9	29	Ia	165,5	153,8	8:2	15,5	20,3	12,1	17,9
Vidusdaugavas	508	24	15	24	Ia	170,3	129,0	8:2	17,2	21,5	11,7	17,1
Zemgales	608	35	5	38	I	212,7	210,2	4:6	16,7	22,2	14,8	20,4
Dienvidlatgales	310	18	7	22	Ia	84,4	82,2	7:3	13,1	16,8	12,2	15,4
Ziemeļkurzemes	707	298	5	24	I	154,2	131,0	8:2	16,4	17,9	10	12,9
Dienvidlatgales	308	92	4	34	Ia	303,9	259,3	9:1	20,3	24,8	10,8	19,3
Ziemeļkurzemes	710	186	2	25	Ia	182,5	116,9	10:0	15,2	17,5	-	-
Vidusdaugavas	503	435	3	35	Ia	241,5	241,5	4:6	19,6	23,2	14,3	20,6
Ziemeļkurzeme	703	179	6	19	Ia	122,0	113,6	5:5	12,9	16	9,5	13,1

* Āra un purva bērza attiecība pēc nogabala bērzu krājas datiem. **Dominējošā suga purva bērzs.**

Bērzu audžu raksturošanai, abi parauglaukumi tika subjektīvi ierīkoti vietās, kurās dominējošā koku suga ir āra bērzs. Tomēr pēc abu parauglaukumu taksācijas rādītāju apkopošanas, divos nogabalos uz kūdras augsnēm un vienā nogabalā uz māla augsnēm dominējošā suga izrādījās purva bērzs. Četros nogabalos abu bērza sugu attiecība bija ļoti līdzīga.

Visos uzmērītajos bērza nogabalos labāki augšanas rādītāji konstatēti āra bērzam. Kūdras augsnēs ierīkotajos parauglaukumos vidējais āra bērza D (15,9 cm) un H (19,6 m) bija salīdzinoši lielāks nekā purva bērzam – D (11,6 cm) un H (16,5 m). Koku skaits ierīkotajos parauglaukumos bija robežās no 530 līdz 1640 koki ha⁻¹, vidēji 998 koki ha⁻¹.

Arī māla un smaga smilšmāla augsnēs ierīkotajos parauglaukumos vidējais āra bērza D (15,0 cm) un H (19,5 m) bija nedaudz lielāks nekā purva bērzam – D (11,4 cm) un H (16,8 m). Koku skaits ierīkotajos parauglaukumos bija robežās no 510 līdz 1950 koki ha⁻¹, vidēji 1055 koki ha⁻¹.

Tabula 15

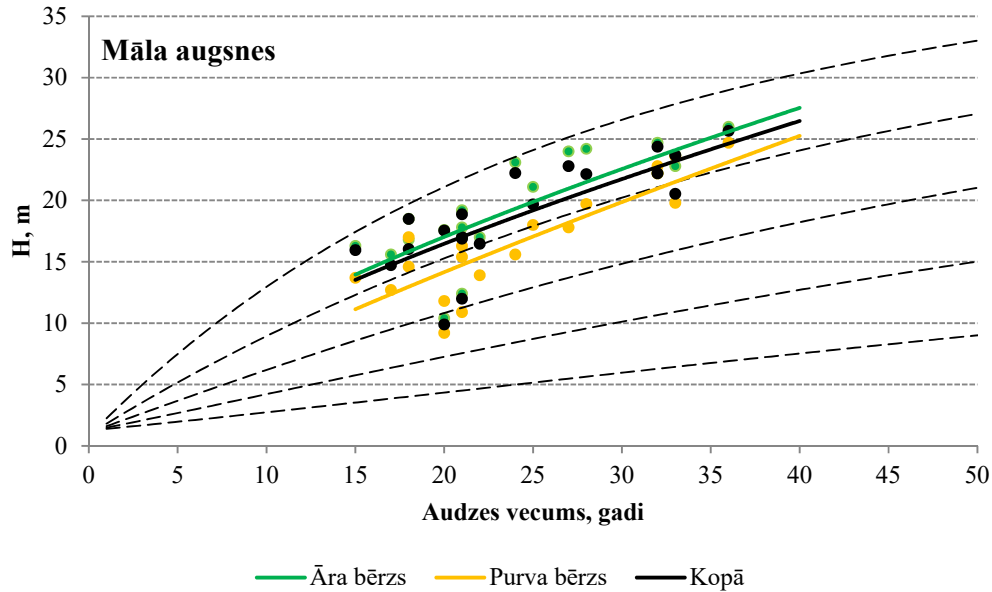
Uzmērītās bērzu audzes māla un smaga smilšmāla augsnēs.

Mežsaimniecība	KvApg	Kv	Nog	Audzes vecums	Bon	Kopējā krāja, m ³ ha ⁻¹	Bērzu krāja, m ³ ha ⁻¹	Attiecība*	Āra bērzs		Purva bērzs	
									D, cm	H, m	D, cm	H, m
Dienvidlatgales	309	112	4	25	Ia	182,6	157,7	5:5	17,3	21,1	14,1	18
Dienvidlatgales	309	138	5	22	Ia	119,0	84,8	8:2	10,3	17	7,4	13,9
Dienvidlatgales	309	153	13	33	Ia	188,9	160,6	7:3	19,6	23,7	17,1	23,6
Dienvidlatgales	309	155	15	28	Ia	187,0	175,4	5:5	19,3	24,2	15,6	19,7
Dienvidlatgales	309	187	18	21	Ia	151,4	151,3	9:1	13,2	19,2	9,6	16,3
Vidusdaugavas	407	470	5	32	Ia	300,4	261,3	8:2	18,4	24,7	14,6	22,8
Zemgales	611	177	7	18	Ia	149,0	143,7	10:0	15,2	18,5	11,6	17
Zemgales	611	229	14	15	Ia	108,1	101,4	9:1	11,2	16,3	8	13,7
Zemgales	607	254	6	18	Ia	88,3	75,6	7:3	13,4	16,8	10,5	14,6
Zemgales	607	266	3	33	Ia	238,6	230,6	3:7	20,1	22,8	12,9	19,8
Dienvidlatgales	309	174	15	27	Ia	206,0	203,9	8:2	19,9	24	14,1	17,8
Dienvidlatgales	309	158	12	21	Ia	112,2	111,9	6:4	12,6	17,8	10,3	15,4
Dienvidlatgales	309	100	16	24	Ia	128,8	128,8	9:1	16,8	23,1	9,8	15,6
Dienvidlatgales	309	108	14	17	Ia	88,8	84,4	7:3	11	15,6	7,9	12,7
Zemgales	611	148	8	32	Ia	214,5	195,8	6:4	16,9	22,2	15,7	22,2
Ziemeļkurzemes	711	34	6	20	II	30,1	29,8	5:5	7,7	10,4	6,2	9,2
Ziemeļkurzemes	703	263	12	21	I	66,4	51,9	7:3	9,9	12,4	7,7	10,9
Ziemeļkurzemes	711	319	14	20	Ia	125,8	125,8	10:0	13,4	17,6	6	11,8
Ziemeļkurzemes	711	346	21	21	Ia	210,1	210,1	10:0	12,9	17	-	-
Dienvidlatgales	304	234	17	36	Ia	271,3	229,5	7:3	20,8	26	17,2	24,7

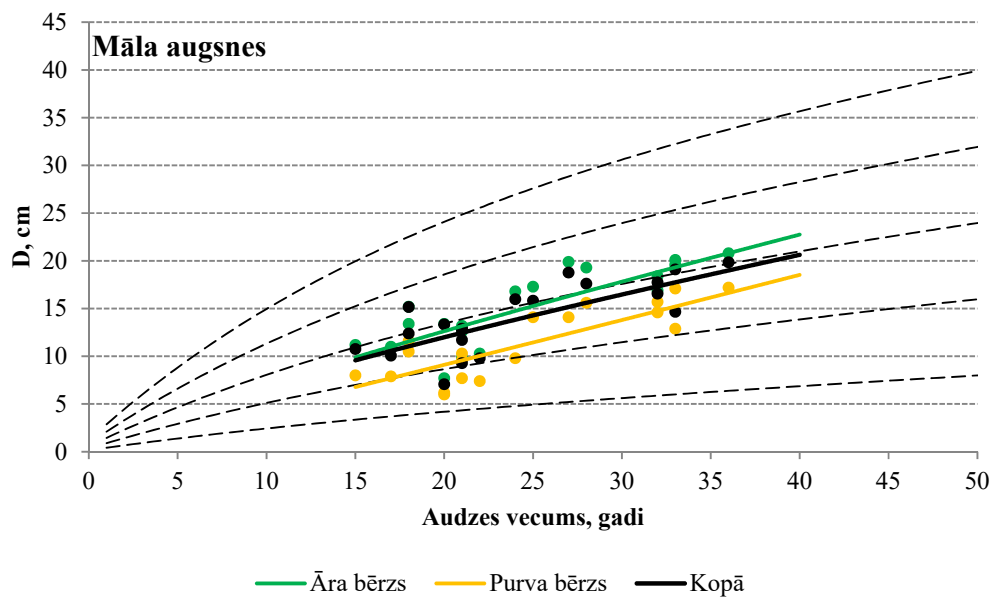
* Āra un purva bērza attiecība pēc nogabala bērzu krājas datiem. **Dominējošā suga purva bērzs.**

Bērzu kokaudžu augšanas gaitas salīdzinājums

Pētījumi par bērza sugu augšanas gaitu uz smagām māla un nosusinātām kūdras augsnēm Latvijā iepriekš nav veikti. Arī mūsu pētījumā uzmērīto parauglaukumu skaits ir par mazu, lai zinātniski korekti novērtētu dažādu bērzu sugu augšanas gaitas atbilstību spēkā esošajiem vienādojumiem. Kokaudzes vecums mūsu pētījumā ir iegūts no datubāzes, nevis no reāli dabā veiktiem mērījumiem, kas rada papildus nenoteiktību augšanas gaitas interpretācijā. Līdz ar to nepieciešams uzsvērt, ka mūsu pētījumā analizētās bērzu vidējā H un D izmaiņas var sniegt tikai ieskatu uzmērīto kokaudžu augšanas gaitā. Precīzai augšanas gaitas izpētei nepieciešams veikt paraugkoku stumbru analīzes.



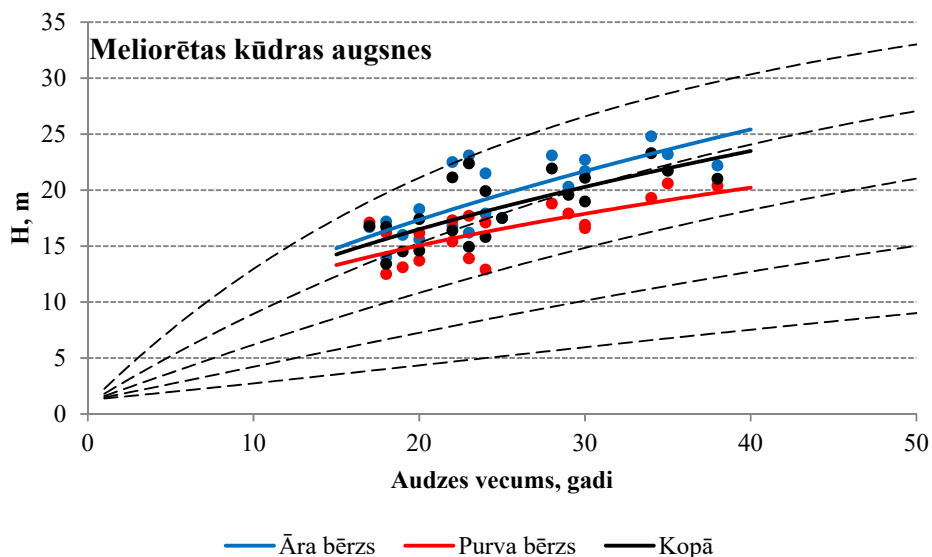
26. att. Bērzu vidējā augstuma izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma vecuma un aproksimētā vidējā augstuma augšanas gaita atkarībā no augstuma krūšaugstuma vecumā 50 gadi ($H_{50} = 33; 27; 21; 15; 9$ m).



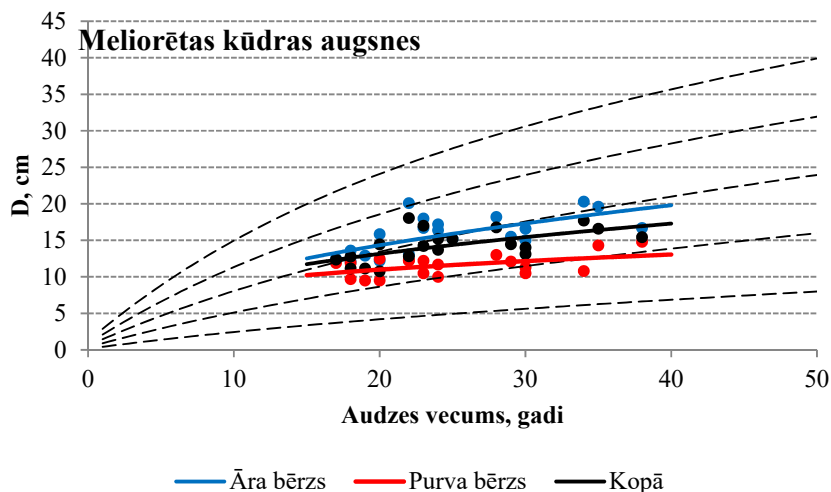
27. att. Bērzu vidējā caurmēra izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma vecuma un aproksimētā vidējā caurmēra augšanas gaita atkarībā no caurmēra krūšaugstuma vecumā 50 gadi ($D_{50} = 40; 32; 24; 16; 8$ cm).

Lai pētījumā salīdzinātu parauglaukumos uzņēmīto āra un purva bērza augšanas gaitu māla un meliorētās kūdras augsnēs, izmantoti 2018. gadā atjauninātie bērza H un D augšanas gaitas vienādojumu koeficienti. Grafiskajos attēlos uzņēmīto bērza sugu vidējais D un H māla

augsnēs (26. att. un 27. att.) un meliorētās kūdras augsnēs (28. att. un 29. att.) uzskatāmi salīdzināts ar līknēm, kuras aprēķinātas ar bērza augšanas gaitas vienādojumu palīdzību.



28. att. Bērzu vidējā augstuma izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma vecuma un aproksimētā vidējā augstuma augšanas gaita atkarībā no augstuma krūšaugstuma vecumā 50 gadi ($H_{50} = 33; 27; 21; 15; 9$ m).



29. att. Bērzu vidējā caurmēra izmaiņas atkarībā no krūšaugstuma vecuma un aproksimētā vidējā caurmēra augšanas gaita atkarībā no caurmēra krūšaugstuma vecumā 50 gadi ($D_{50} = 40; 32; 24; 16; 8$ cm).

Mūsu uzņēmīto bērza audžu augšanas gaita māla augsnēs kopumā atbilst augšanas gaitas modeļiem (AGM). AGM atbilst ne tikai kopējā audzes augšanas gaita, bet arī atsevišķi izdalītu āra un purva bērza H un D izmaiņu prognozes. Abu bērza sugu vidējā H un D starpība saglabājas nemainīga palielinoties kokaudzes vecumam, norādot uz to, ka purva bērza augšanas

temps līdz 40 gadu vecumam nesamazinās. Nedaudz savādāka situācijā iezīmējas, analizējot bērza audžu taksācijas rādītājus meliorētajās kūdras augsnēs, kur tikai āra bērza vidējās D un H izmaiņas sakrīt ar AGM prognozēm. Visizteiktākā novirze, salīdzinot pētījuma rezultātus ar augšanas gaitas modeļiem, purva bērzam konstatēta, modelējot vidējā D izmaiņas atkarībā no kokaudzes vecuma, kas ietekmē arī kopējo bērza audžu attīstības scenāriju. Noteikti jāatzīmē fakts, ka meliorētajās kūdras augsnēs abās vecākajās uzmērītajās bērza kokaudzēs (35 un 38 gadi) pēc taksācijas rādītāju apkopšanas dominējošā suga izrādījās purva bērzs, kas vēl vairāk var ietekmēt kopējo bērza audžu augšanas gaitas prognozi meliorētajās kūdras augsnēs.

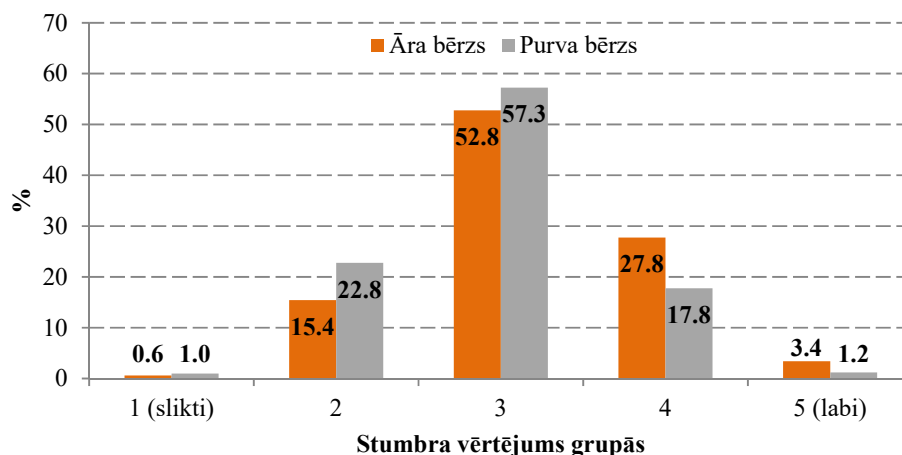
Savstarpēji salīdzinot uzmērīto kokaudžu H un D izmaiņu līknes āra un purva bērzam māla un meliorētajās kūdras augsnēs, secināts, ka 15 gadu vecumā lielākas dimensijas bērzs sasniedz meliorētajās kūdras augsnēs, bet 40 gadu vecumā māla un smilšmāla augsnēs. Iepriekšminētais atspoguļo to, ka bērzs nosusinātās kūdras augsnēs pirmos divdesmit gadus aug ļoti labi, bet pēc tam bērza, īpaši purva bērza augšanas temps nedaudz samazinās, kas varētu būt saistīts ar kādu barības vielu trūkumu augsnē. Organiskajās augsnēs, salīdzinot ar minerālaugsnēm, ir mazākas kālija, magnija, dzelzs, mangāna un citu mikroelementu rezerves.

Kokaudzēs māla un smaga smilšmāla augsnēs situācija ir pretēja. Šādās augsnēs tieši iesaugšanās periods bērzam ir visgrūtākais, iespējams smagā augsne un apgrūtinātā ūdens notece aizkavē pilnvērtīgu sakņu attīstību, bet, palielinoties vecumam, bērzu audzes var sasniegt arī izcilus augšanas rādītājus. Apkopojot piecu pētījumā uzmērīto vecāko bērza audžu krājas rādītājus māla augsnēs secināms, ka vidēji 34 gadu vecumā to krāja ir aptuveni $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, kas apliecina augstu produktivitāti. Jāsaka, ka praktiski identisku krāju 34 gados piecas vecākās pētījumā uzmērītās audzes sasniedz arī meliorētās kūdras augsnēs. Salīdzināšanai – meža resursu monitoringa datubāzē valsts mežos bērzu kokaudžu vidējā krāja vecuma grupā no 31 līdz 40 gadiem ir $187 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Arī iepriekšējos pētījumos par bērza audžu augšanas gaitu apmežotajās lauksaimniecības zemēs, secināts, ka pirmajos gados bērza stādījumi šādās augsnēs aug lēnāk par attiecīgās bonitātes dabiskām audzēm, bet vēlāk to augšanas rādītāji pat pārsniedz dabiskas audzes. Nav izslēdzams, ka pētījumā atlasītās lauksaimniecības augsnēm pieguļošās bērza audzes māla augsnēs arī savulaik ir dabiski apmežojušās lauksaimniecības zemes.

Bērza stumbru kvalitātes vērtējums

Pētījumā āra un purva bērza stumbru un zarojuma kvalitāte subjektīvi vērtēta visos ierīkotajos parauglaukumos. Abu bērza sugu kvalitātes grupu sadalījums būtiski neatšķīrās pa koku augšanas apstākļiem māla un meliorētās kūdras augsnēs, tāpēc visās 40 audzēs uzmērītajiem bērziem dati analizēti kopā. Stumbra kvalitātes grupu īpatsvars, aprēķināts no novērtēto bērza sugu kopskaita ir aplūkojams 30. att.

Uzmērītajās kokaudzēs stumbra līkumainība, atzarošanās, dubultgalotnes vai padēla esamība kopā novērtēta 2781 āra un 1322 purva bērziem. Vairāk nekā pusei āra bērzu (52,8%) un purva bērzu (57,3%) stumbru tika novērota neliela līkumainība vai neizteikta dubultgalotne ar padēlu, kas atbilda 3. kvalitātes grupai. Labākās stumbra kvalitātes grupas (1. un 2. grupa) āra bērzam piešķirtas 31,2% no kokiem, bet purva bērzam 19% kokiem. Turpretī sliktākās stumbra kvalitātes grupas (1. un 2. grupa) daudz biežāk tika piešķirtas purva bērzam – 23,8% kokiem, bet āra bērzam tikai 16% novērtēto koku.



30. att. Āra un purva bērza stumbra kvalitātes iedalījums grupās.

Tabula 16

Uzmērīto bērza audžu vidējo stumbra kvalitātes vērtējumu salīdzinājums.

	Suga	Audzū skaits	Vidējais kvalitātes vērtējums	Min.	Maks.
Meliorēta kūdras augsne	Āra bērzs	19	3,22 ^a	2,7	3,8
	Purva bērzs	19	2,93 ^b	2,3	3,5
Māla un smilšmāla augsne	Āra bērzs	19	3,22 ^a	2,8	3,8
	Purva bērzs	19	3,01 ^a	2,0	3,7
Kopā	Āra bērzs	38	3,22 ^a	2,7	3,8
	Purva bērzs	38	2,97 ^b	2,0	3,7

a, b – dažādi burti un to krāsa norāda uz būtiskām atšķirībām audžu vidējos stumbra kvalitātes rādītājos starp abām bērzu sugām. Mana-Vitneja U tests, ($p > 0,05$).

Lai noskaidrotu vai stumbra kvalitātes vērtējums būtiski atšķiras starp abām bērza sugām, pielietots Mana-Vitneja U tests, kas ir analogs parametriskajam T-testam. Mana-Vitneja U tests apstiprināja, ka gan māla augsnēs, gan meliorētajās kūdras augsnēs āra bērzam ir būtiski labāks stumbra kvalitātes vērtējums ($p > 0,001$). Tomēr apkopojot audžu vidējos stumbra kvalitātes vērtējumus (Tabula 16) noskaidrojās, ka atsevišķās platībās arī purva bērzs var sasniegt labus stumbra kvalitātes rādītājus.

Lai korekti salīdzinātu āra un purva bērza vidējos stumbra kvalitātes rādītājus, divas audzes no datu kopas tika izslēgtas, jo tajās netika uzskaitīts neviens purva bērzs. No 38 uzmērītajām audzēm, 6 platībās vidējais purva bērza kvalitātes vērtējums pat nedaudz pārsniedza āra bērza vērtējumu. Par cik uzmērīto audžu skaits ir samērā neliels, tas atspoguļojās arī statistikā, kur Mana-Vitneja U tests uzrādīja, ka tikai meliorētās kūdras augsnēs starp āra un purva bērzu ir būtiskas atšķirības stumbra kvalitātes vērtējumā ($p = 0,003$), bet māla un smilšmāla augsnēs vidējo vērtējumu starpība nav būtiska ($p = 0,061$) pie 95% ticamības līmeņa. Palielinot novērojumu skaitu un analizējot visas bērzu audzes kopā, jau ar 99% ticamību var apgalvot, ka āra bērza stumbra kvalitātes vērtējums ir būtiski labāks ($p > 0,001$).

Secinājumi

Āra bērzs var sasniegt ļoti labu produktivitāti gan smagās māla augsnēs, gan nosusinātās kūdras augsnēs. Āra bērza stādīšana var ļaut izveidot produktīvas bērza audzes vietās, kur pašatjaunošanās rezultātā dominētu purva bērzs. Mūsu rezultāti apstiprina Somijas zinātnieku atziņas, ka purva bērzs arī abām koku sugām piemērotos apstākļos ir mazāk produktīvs un kvalitatīvs nekā āra bērzs. Smagās māla augsnēs ar ļoti sliktu augsnes drenāžu ir ieteicams augsnes gatavošanai pielietot pacilu metodi. Āra bērzu ir iespējams stādīt arī auglīgos kūdreņos, kuros ir labi funkcionējoša ūdens notece, tomēr joprojām ir neskaidri jautājumi par āra bērza produktivitāti un vitalitāti dziļās kūdras augsnēs. Tāpat nepieciešams padziļināti pētīt barības elementu (tajā skaitā – mikroelementu) ietekmi uz āra bērza augšanu kūdras augsnēs.

2017. g. rudenī AS “Latvijas valsts meži” platībās ierīkoto bērza stādījumu (liela izmēra stādi) apsekošana

Metodika

Meža atjaunošanā izmantojamā stādmateriāla izmēri ir zināma veida kompromiss starp kokaudzētavu iespējam (izmaksām) un mežkopju vēlmēm. Mežkopju bieži postulētajam principam “jo lielāks stāds – jo labāk!” ir sava veida saimnieciski ierobežojumi – stādmateriāla cena, loģistikas un iestādīšanas izmaksas. Liela izmēra bērza stādmateriāla izmantošana meža atjaunošanā teorētiski piedāvā vairākus ieguvumus. Liela izmēra stādu pielietošana ļauj gan samazināt agrotehniskās kopšanas izmaksas, gan ļauj cerēt, ka kopšanas laikā stādītos kokus būs vieglāk atšķirt no dabiskas izcelsmes bērziem. Iespējams, ka liela izmēra bērza stādu pielietošana ļaus samazināt arī augsnes gatavošanas un jaunaudžu aizsardzības izmaksas. Mūsu pētījuma mērķis ir noskaidrot, vai šie ieguvumi spēj kompensēt objektīvi lielākas atjaunošanas izmaksas un iespējamās ieaugšanās riskus.

2017. gada rudenī meža atjaunošanai Vidusdaugavas un Ziemeļkurzemes reģionos tika pielietoti bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu, kuri, pēc pārskološanas, uz lauka audzēti divus gadus (1/2IS). Mūsu pētījuma ietvaros 2019. gada vasarā inventarizēti vairāk nekā 20 stādītie nogabali, kuros izvērtēta atjaunošanas kvalitāte un stādīto koku augšanas rādītāji. Katrā no nogabaliem stādīto koku skaits un augstums novērtēts četros līdz sešos 200 m² aplveida parauglaukumos.

2021. gada pavasarī inventarizētie stādījumi apsekoti vēlreiz, pielietojot tādu pat metodiku kā 2019. gadā.

Rezultāti

2019. g.

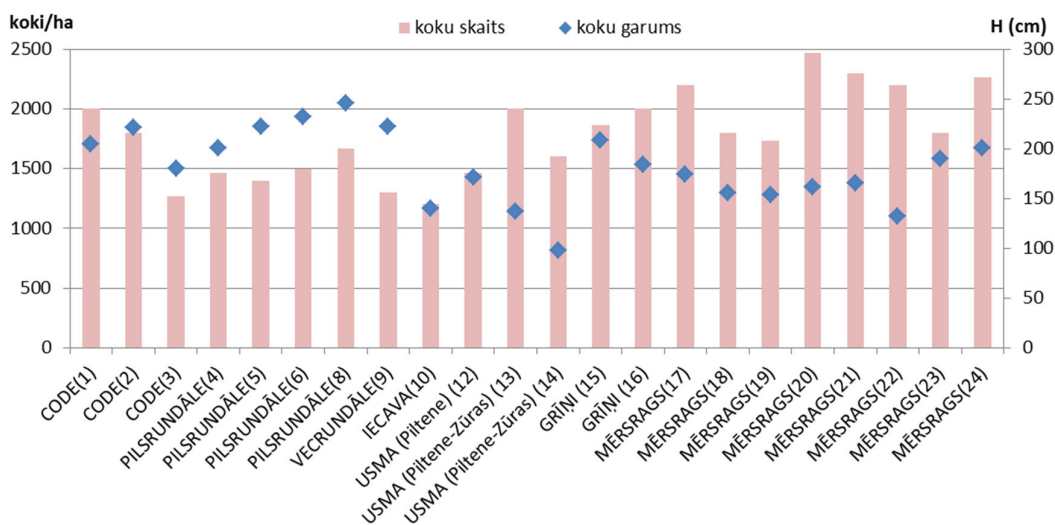
Rudens stādījumi ar liela izmēra bērza stādiem ierīkoti divos reģionos – Vidusdaugavā un Ziemeļkurzemē. Vidusdaugavā platības atrodas reģiona Zemgales daļā pārsvarā bijušā Bauskas rajona teritorijā. Ziemeļkurzemē – bijušo Ventspils un Talsu rajonu teritorijās.

Abus šos reģionus var raksturot kā meža atjaunošanai visai problemātiskus. Bauskas apkārtnē dominē ļoti auglīgi meža tipi (gāršas, slapjās gāršas) ar smagām māla augsnēm. Liela daļa no Ziemeļkurzemes reģionā ierīkotajiem stādījumiem atrodas iecirkņos (Usma, Piltene, Zūras), kuros ir ļoti augsts staltbrīžu blīvums, kas bieži padara neiespējamu priedes un nereti – arī egles stādījumu ierīkošanu.

Mūsu pētījuma ietvaros apsektie bērza stādījumi Vidusdaugavas reģionā bija ierīkoti ļoti auglīgos izcirtumos ar spēcīgu aizzēlumu, kuri parasti lielākoties tiek atstāti pašatjaunoties ar baltalksni un apsi. Produktīvas bērza jaunaudzes ierīkošana šādos auglīgos meža tipos no mežsaimniecības viedokļa ir vēlams risinājums, tomēr, jebkura stādījuma ierīkošana šādos apstākļos ir ļoti liels izaicinājums spēcīgā aizzēluma un augsto agrotehniskās kopšanas izmaksu dēļ.

No apsekotajiem bērza stādījumiem Vidusdaugavā kā pilnībā neizdevies tika atzīts viens nogabals (skat. Pielikumu – “Pilsrundāle 7”). Šajā nogabalā kā ticamākais neizdošanās iemesls, visdrīzāk, jāuzskata augsne – ļoti smaga māla augsne. Neskatoties uz to, ka nogabals atrodas ceļa (grāvja) malā un to šķērso papildus grāvis, blīvās augsnes dēļ virsūdeņi nespēj iefiltrēties augsnē un koku sakņu aerācija ir nepietiekamā.

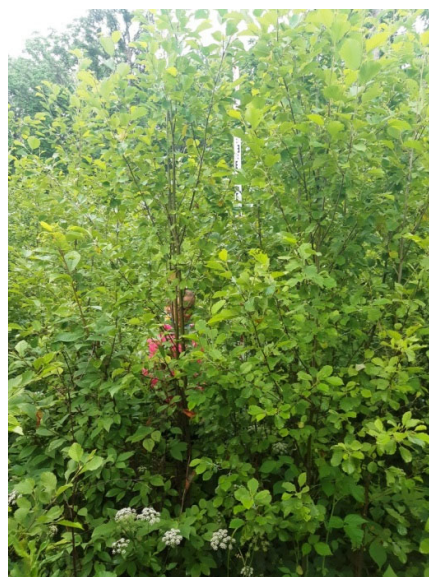
Raksturīgi, ka lielākā daļa stādījumu otrajā gadā pēc iestādīšanas tā arī nav veikta agrotehniskā kopšana. Stādītie bērzi kopumā saglabājušies labi, tomēr tie ir ļoti izstīdējuši. Daudzviet atvasāja augstums sasniedz 3...4 m un, lai arī bērzu garums šajos nogabalos vidēji ir 1,5...2 m (31. att.), stādītie bērzi ir spēcīgi nomākti un nomāktiem vainagiem.



31. att. Koku saglabāšanās un vidējais augstums stādījumos, kuros atjaunošanai izmantoti liela izmēra bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu. Nogabalu apzīmējumi atbilstoši Pielikumā pievienotajam nogabalu apsekojuma aprakstam.



a



b

32. att. Auglīgie Zemgales izcirtumi Vidusdaugavas reģionā aizzeļ ļoti spēcīgi un savlaicīgi nekoptās jaunaudzēs stādītos bērzus noliec apiņi (a) un nomāc atvasājs (b).

Vidusdaugavas stādījumu apsekošana tika veikta jūnija otrajā pusē. Iespējams, ka šajos nogabalos agrotehniskā kopšana tika plānota un veikta gada nogalē. Pēc mūsu novērojumiem tomēr pastāv liels risks, ka pēc agrotehniskās kopošanas daļa izstīdzējušo koku nolieksies. Šo efektu vēl pastiprina tas, ka auglīgajos Zemgales izcirtumos savairojas apiņi, kuri ar savus svaru saliec jaunos, izstīdzējušos kokus (32. att.).

Kā izņēmums jāatzīmē 509. kv.nog. 235. kv. 11. nog. Šajā nogabalā iepriekšējā gadā veikta agrotehniskā kopšana. Stādītie koki ir labi auguši un ar spēcīgiem, proporcionāli veidotiem vainagiem (33. att.).



33. att. 509. kv.nog. 235. kv. 11. nog. (Pilsrundāle 8). Savlaicīgi izkopts bērzu stādījums auglīgā izcirtumā, kura stādītais bērzs veidojis labus pieaugumus.

No Ziemeļkurzemē apsekotajiem stādījumiem divos tika konstatēts, ka stādītie bērzi faktiski ir iznīkuši. Vienā gadījumā (USMA 11) stādītie koki gājuši bojā, jo platībā ir ļoti augsts gruntsūdens, bet otrā (USMA Piltene-Zūras 13) kokus faktiski iznīcinājuši meža dzīvnieki. Bērza stādījumu apsekošana platībās ar augstu meža dzīvnieku blīvumu (Zūras, Piltene, Usma) apstiprina, ka šādos apstākļos arī bērza stādīšana nav risinājums, kas garantēs veiksmīgu meža atjaunošanu.

Lielākajā daļā Mērsraga un Grīņu iecirkņos ierīkotajos stādījumos bērzs ir audzis labi un jaunaudzis ir bijušas savlaicīgi koptas. Vairāki no apsekotajiem stādījumiem ir lieliskas kvalitātes un uzskatāmi demonstrē rūpīgi ierīkota un uzturēta bērzu stādījuma potenciālu meža kapitālvērtības paaugstināšanai. Grīņu iecirknī bērzs (blakus nogabalā – melnalksnis) ir stādīti kūdrainā pļavā, kurā spēcīgu aizzēlumu veido niedres, tomēr lapu koku stādījumi ir izdevušies labi gan vagās, gan pacilās gatavotajos nogabalos. Objekts MĒRSRAGS 20 ierīkots šaurlapju arenī, kurā dabiski, visticamāk, atjaunots purva bērzs. Šajā vietā ar bērza stādīšanu izdevies ieaudzēt kvalitatīvu jaunaudzi. Lieliskas, labi uzturēts stādījums ir MĒRSRAGS 23, kurā bērzs stādīts auglīgā damaksnī.

Vairākās vietās konstatēts, ka bērziem ir atmirušas galotnes un koki atjaunojas ar atvasēm. Tas ir vairāk raksturīgs nogabalos ar vieglām smilts augsnēm (damaksnis) vai kūdreņos. Ļoti iespējams, ka sausajās vasarās koki cietuši no mitruma deficīta.

Secinājumi

Liela izmēra bērza stādi ir izmantojami jaunaudžu ierīkošanai, tomēr to pielietošana negarantē labus rezultātus, ja netiek veikta stādījumu uzraudzība un, ja nepieciešams, – jaunaudžu kopšana un aizsardzība. Auglīgos, intensīvi aizzēlošos izcirtumos bērza stādījumiem ir nepieciešama kopšana arī gadījumos, kad tiek izmantoti lieli stādi. Bērza stādīšana nav risinājums platībās, kurās pārāk liela pārnadžu blīvuma dēļ ir problemātiski

ierīkot skuju koku jaunaudzēs. Liela izmēra stādi ir vairāk pakļauti pārstādīšanas riskam un sausās vasarās vieglās augsnēs pastāv izžūšanas risks. Smagās, periodiski pārmitrās, slikti drenētās augsnēs (indikator – doņi) vagās gatavotās platībās bērzs ieaugās slikti. Mūsu apsekojumos netika konstatēts, ka stādītie koki būtu iznīkuši dēļ paviršas stādīšanas.

Āra bērza stādījumu ierīkošanas tehnoloģiju pilnveidošana

Materiāls un metodes

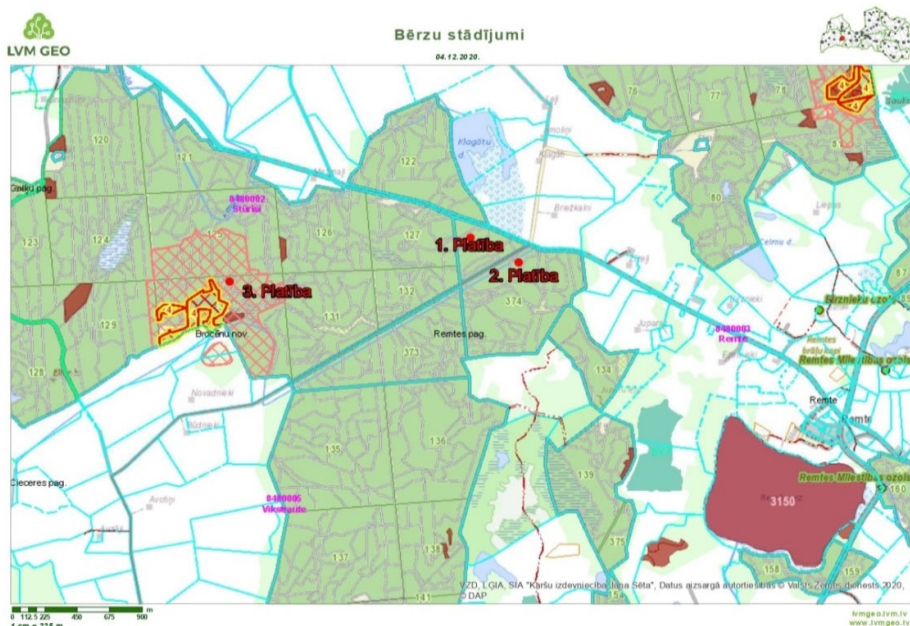
Lai izvērtētu bērza atjaunošanas sekmes, izmantojot liela izmēra stādus, t.sk. samazinātu to skaitu uz platības vienības, un izmantojot dažādus augsnes sagatavošanas paņēmienus, pētījuma ietvaros ierīkoti trīs izmēģinājumi Brocēnu novada Remtes pagastā (34. att.):

- 208. kv.apg. 374. kv. 2. nog. pacilas/negatavota augsne;
- 208. kv.apg. 130. kv. 7. nog. pacilas/negatavota augsne;
- 208. kvapg. 133. kv. 2. nog. disku arkls/negatavota augsne.

Katrā platībā parauglaukumu izmēri dēļ nogabalu konfigurācijas bija atšķirīgi (10×10 m, 10×12 m un 12×12 m), lai tos varētu izvietot starp pievešanas ceļiem. Visi iestādītie koki parauglaukumos marķēti ar plastmasas mietiņiem vai krāsu. Eksperimentālie stādījumi ierīkoti aprīlī, pielietojot trīs atšķirīgus stādīšanas variantus:

1. trīsgadīgi bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu 2000 koki ha^{-1} (1/2IS_2000);
2. trīsgadīgi bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu 1000 koki ha^{-1} (1/2IS_1000);
3. divgadīgi bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu 2000 koki ha^{-1} (1/1IS_2000).

Augsne izmēģinājumu platībās sagatavota 2019. gada rudenī, savukārt bērzi izmēģinājumu platībās iestādīti 2020. gada pavasarī līdz aprīļa beigām. Vidējais stādu ar uzlabotu sakņu sistēmu augstums stādīšanas brīdī bija apmēram 42 cm, savukārt trīsgadīgie stādi bija vairāk nekā divas reizes garāki – 92 cm. Koku augstums mērīts uzreiz pēc to iestādīšanas un atkārtoti pārmērīts veģetācijas sezonas beigās. Augstums kokiem mērīts ar mērlatu no augsnes virsmas līdz galotnes pumpuram. Katrā parauglaukumā uzņēmīti pilnīgi visi stādītie koki vadoties pēc plastmasas mietiņu marķējuma, kā arī reģistrēti izkritušie un bojātie koki.



34. att. Eksperimentālo stādījumu izvietojums un to atrašanās vieta.

Rezultāti un diskusija

Pēc pirmās sezonas saglabāšanās vissliktākā bija 3. platībā (130. kv. 7. nog.) nesagatavotā augsnē stādītajiem kokiem, kur, atkarībā no izmēģinājuma varianta, izkrituši 20 – 30% koku (Tabula 17). Salīdzinājumam šai pašā platības daļā, kur augsne tika gatavota pacilās, izkrituši vien vidēji 2% koku. Platība bija mitra un koku augšanas apstākļi, salīdzinot gatavoto un negatavotu platības daļu, bija atšķirīgi. Stādot bērzu platības negatavotajā daļā, bija grūtības izvēlēties atbilstošu stādvieta, lai nodrošinātu vienmērīgu koku izvietojumu un starp zariem ne vienmēr bija iespējams izrakt sakņu izmēram atbilstošu stādvieta. Šādās periodiski pārmitrās platībās labi izpaužas pacilošanas pozitīvā ietekme uz koku augšanas rādītājiem.

Tabula 17

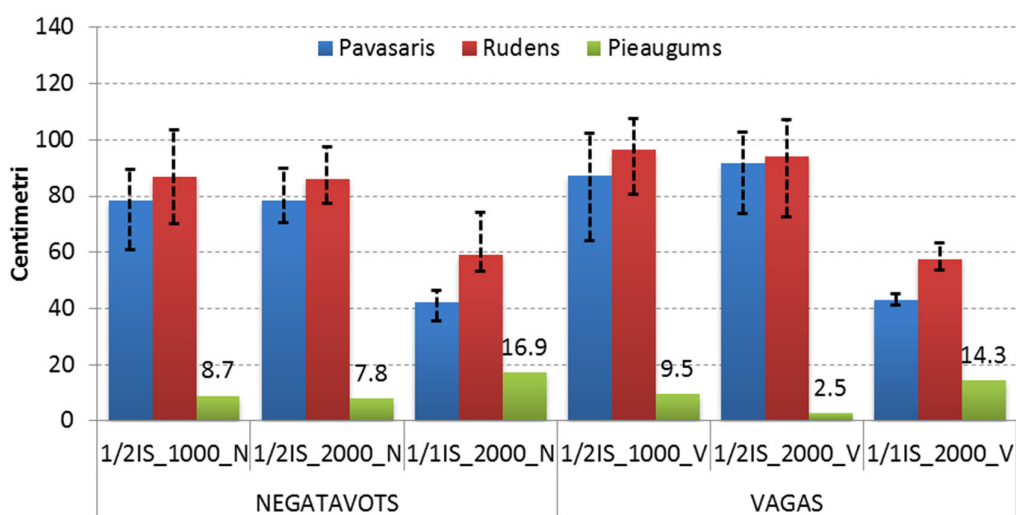
Koku saglabāšanās dalījumā pa izmēģinājuma variantiem

Izmēģinājums	Variants	Pavasaris, gab.	Rudens, gab.	Saglabāšanās, %	Nopļauti, gab.	Nopļauti, %
1. platība (133. kv. 2. nog.)	NEGATAVOTS	280	252	90,0	13	4,6
	1/2IS_1000_N	56	50	89,3	3	5,4
	1/2IS_2000_N	112	102	91,1	3	2,7
	1/1IS_2000_N	112	100	89,3	7	6,3
	VAGAS	280	246	87,9	14	5,0
	1/2IS_1000_V	56	46	82,1	6	10,7
	1/2IS_2000_V	112	104	92,9	1	0,9
	1/1IS_2000_V	112	96	85,7	7	6,3
2. platība (374. kv. 2. nog.)	NEGATAVOTS	240	227	94,6	8	3,3
	1/2IS_1000_N	48	47	97,9	1	2,1
	1/2IS_2000_N	96	92	95,8	1	1,0
	1/1IS_2000_N	96	88	91,7	6	6,3
	PACILAS	237	228	96,2	7	3,0
	1/2IS_1000_P	47	45	95,7	2	4,3
	1/2IS_2000_P	93	91	97,8	1	1,1
	1/1IS_2000_P	97	92	94,8	4	4,1
3. platība (130. kv. 7. nog.)	NEGATAVOTS	150	114	76,0	6	4,0
	1/2IS_1000_N	30	24	80,0	1	3,3
	1/2IS_2000_N	60	48	80,0	1	1,7
	1/1IS_2000_N	60	42	70,0	4	6,7
	PACILAS	139	136	97,8	0	0,0
	1/2IS_1000_P	41	41	100,0	0	0,0
1/2IS_2000_P	98	95	96,9	0	0,0	

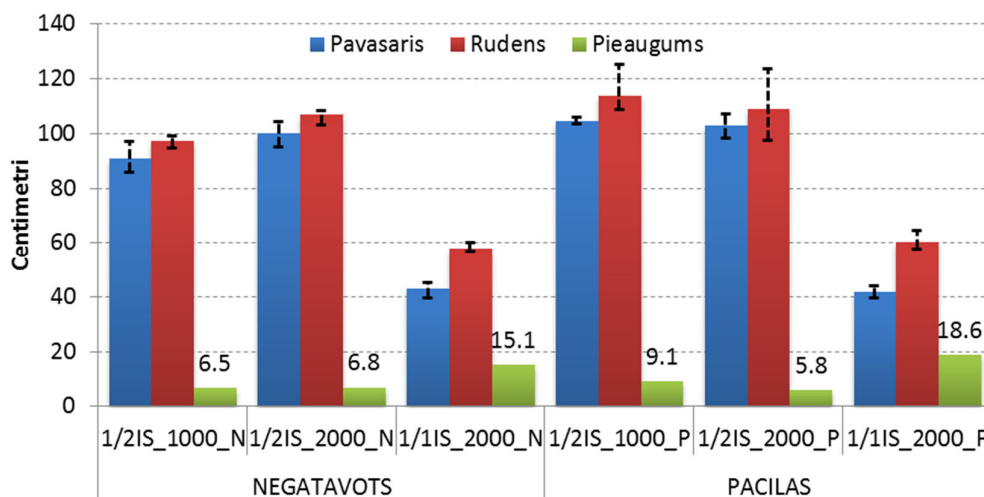
1. (133. kv. 2. nog.) un 2. (374. kv. 2. nog.) platībā pirms augsnes gatavošanas visi parauglaukumi bija diezgan viendabīgi. Šajās platībās pēc pirmās veģetācijas sezonas vienlīdz labi saglabājušies koki gan platības negatavotajā daļā, gan daļā, kur augsne gatavota ar ekskavatoru vai disku arklu. Līdzīgi arī stādmateriāla veidam un stādīšanas biežumam nav bijusi būtiska ietekme uz saglabāšanās rādītājiem. Divgadīgajiem stādiem ar uzlabotu sakņu sistēmu, vidēji saglabāšanās ir bijusi nedaudz zemāka (90,4%) nekā trīsgadīgajiem stādiem (92,8%).

Visās izmēģinājumu platībās vasaras beigās veikta agrotehniskā kopšana. Stādītie koki ir marķēti un kopšanas laikā nopļauto koku skaits bija līdzīgs visos izmēģinājuma variantos. Kopā visos stādījumos nedaudz vairāk (5,9%) nopļauti augumā mazākie divgadīgie stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu un retāk stādītie (1000 koki ha⁻¹) trīsgadīgie stādi – 5,1%. Acīmredzot krūmgrieža operatoram varētu būt nedaudz vieglāk orientēties parauglaukumos ar lielāku koku izmēru un skaitu, jo trīsgadīgo bērza stādu (2000 koki ha⁻¹) variantā vidēji nopļauti tikai 1,5% iestādīto bērzu.

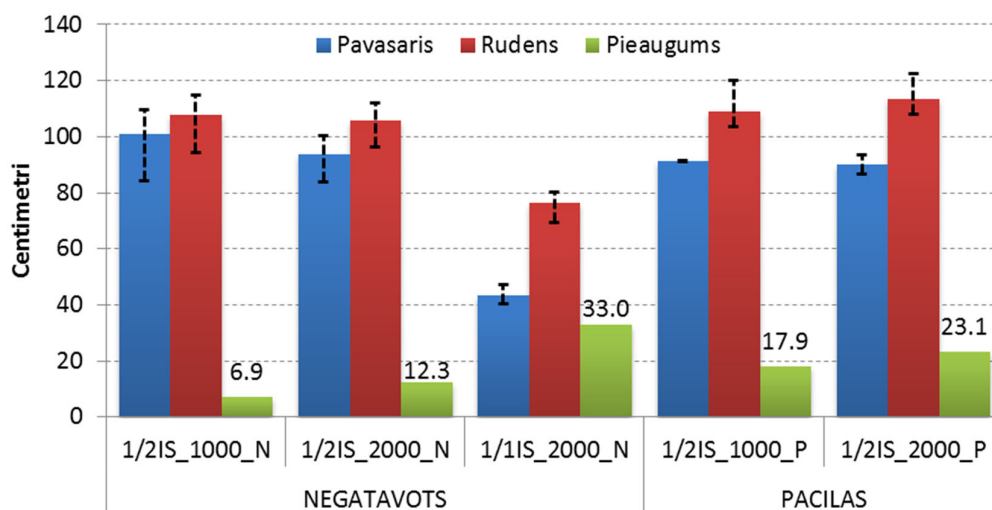
Visās ierīkotajās izmēģinājumu platībās pēc viena gada augšanas vidēji par 36,8 cm garāki ir trīsgadīgi stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu (35. att., 36. att. un 37. att.). Trīsgadīgo stādu vidējais garums izmēģinājumu platībās vidēji ir 101,2 cm (90,8–106,8 cm), savukārt divgadīgo stādu vidējais garums ir 64,4 cm (58,0–76 cm). Lielākoties augstumā raženāko stādu pārākums izskaidrojams ar to, ka šo stādu augstums stādīšanas brīdī bija divas reizes lielāks, salīdzinot ar praksē biežāk lietotajiem divgadīgajiem stādiem ar uzlabotu sakņu sistēmu. Turpretī sākotnēji īsāko stādu augstuma pieaugumi vidēji visās platībās ir gandrīz trīs reizes lielāki (21,8 cm) nekā trīsgadīgajiem stādiem, kuru augstuma pieaugums bija tikai 7,9 cm. Tas norāda, ka trīsgadīgajiem stādiem dēļ to lielās virszemes masas, pirmajā sezonā ir liels pārstādīšanas stress. Ļoti iespējams, ka turpmākajās augšanas sezonās, izmēģinājumā pielietoto stādmateriāla veidu augstuma atšķirības izlīdzināsies.



35. att. Koku augstums un garuma pieaugums 2020. gada rudenī 133. kv. 2. nog. Ar pārtrauktu līniju attēlota atsevišķu parauglaukumu minimālās un maksimālās vērtības.



36. att. Koku augstums un garuma pieaugums 2020. gada rudenī 374. kv. 2. nog. Ar pārtrauktu līniju attēlota parauglaukumu minimālās un maksimālās vērtības.



37. att. Koku augstums un garuma pieaugums 2020. gada rudenī 130. kv. 7. nog.
Ar pārtrauktu līniju attēlota atsevišķu parauglaukumu minimālās un maksimālās vērtības.

Secinājumi

Eksperimenta mērķis bija pārbaudīt, vai lielāka izmēra trīsgadīgu (1/2 IS) bērza stādu pielietošana meža atjaunošanā ļauj samazināt kopējās stādījumu ierīkošanas izmaksas, ļaujot ietaupīt uz augsnes gatavošanas un agrotehniskās kopšanas darbiem. Rezultāti apliecina, ka 1/2IS stādu augšana (koku saglabāšanās stādījumā, augstuma pieaugumi) maz atšķiras no konvencionālo 1/1IS stādu augšanas. Trīsgadīgo bērza stādu saglabāšanās negatavotā augsnē ir augstāka nekā divgadīgajiem, tomēr 1/2IS stādu augstuma pieaugumi ir mazāki visos augsnes gatavošanas variantos. Ņemot vērā šo stādu eventuāli augstākās ražošanas, transportēšanas un stādīšanas izmaksas, šādu liela izmēra bērza stādu pielietošana meža atjaunošanā ir nelietderīga.

Eksperimentālie stādījumi bērza atjaunošanas tehnoloģiju izpētei

Materiāls un metodes

Eksperimentālie stādījumi bērza atjaunošanas tehnoloģiju izpētei ierīkoti 2014. gada rudenī – 2015. gada pavasarī. Eksperimentā pārbaudīta stādīšanas laika (pavasaris, rudens), stādmateriāla veida (konteinerstādi – AS “Latvijas Finieris” kokaudzētava “Zābaki” un stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu – AS “Latvijas valsts meži” kokaudzētava Stendē “Mazsili”) un sēklu izcelsmes (sēklu plantācija Kalsnava 1 austrumu un rietumu izcelsme, Somija) ietekme uz koku augšanu un saglabāšanos. Atbilstoši sākotnējam darba plānam, 2015, 2016. un 2018. gadā veikts ierīkoto stādījumu (Tabula 18) koku augstuma pieauguma un saglabāšanās novērtējums. Stādījumos pielietoti divi augsnes gatavošanas veidi – ar ekskavatoru gatavotas pacilas (kupicas) un ar disku arklū gatavotas joslas jeb vagas. Katrā vietā stādījumi ierīkoti trīs atkārtojumos (blokos), parces izmērs – 20 × 20 m, ierīkošanas biežums – 2300 koki uz ha. Ņemot vērā to, ka stādījumu platību konfigurācija ir ļoti atšķirīga, variantu izvietojums blokos ir randomizēts. 2016. gadā veikta ierīkoto stādījumu agrotehniskā kopšana.

Tabula 18

Eksperimentālie bērza stādījumi Dienvidkurzemes un Zemgales mežsaimniecībās

LVM reģioni	Kvartāls	Nogabals	Meža tips	Augsnes gatavošanas veids	Uzmērīšanas gads
Dienvidkurzeme (Remte)	167	31; 32	Gr, Vr	pacilas	2015, 2016, 2018, 2020, 2022
Zemgale (Auce)	211	2.1	Vr	vagas	2015, 2016, 2018, 2020, 2022
Zemgale (Auce)	189	12.3, 15	Vr, Dm	pacilas	2015, 2016, 2018, 2020, 2022
Dienvidkurzeme (Remte)	165	24; 26	Vr, Gr	vagas	2015, 2016

Katrā no stādījumiem izmēģinājuma varianti vienādā skaitā izvietoti kopā 36 parauglaukumos. Tā kā stādījumi nav ierīkoti regulārā izvietojumā ar konstantu attālumu starp rindām un kokiem rindās, koku parametri mērīti 200 m² lielos aplūveida laukumos, kuru centrs ir parces vidus. Atbilstoši iepriekšējos gados pielietotajai metodikai, 2020. gada rudenī pēc veģetācijas sezonas beigām, trijos no sākotnēji ierīkotajiem stādījumiem, uzmērīts koku augstums. Visās platībās kopā uzmērīts aptuveni 4000 koku 108 parauglaukumos. Saglabāšanās 2020. gada augšanas sezonā vairs netika analizēta, jo daudzos gadījumos šobrīd ir grūti atšķirt stādītus no pašsējas kokiem. Apsekojot Remtes stādījumus jau 2018. gadā konstatēts, ka joslās gatavotā platība nav derīga turpmākiem koku mērījumiem, jo nebija iespējams atšķirt dabiski izaugušos kokus no stādītajiem, kā arī 2017. gada slapjā rudens dēļ smagajā augsnē ierīkotajā stādījumā stādīto koku saglabāšanās bija zema.

Rezultāti par iepriekšējos gados veiktajiem uzmērījumiem pieejami iepriekšējo pētījuma etapu pārskatos.

2022. gada rudenī stādījumi pārmērīti, uzmērot un novērtējot 100 lielākos kokus katrā parcelē. Visiem mērītajiem kokiem noteikts krūšaugstuma caurmērs; katrā parcelē uzmērīti sešu koku augstumi. Koku augstumu mērījumi izmantoti, lai konstruētu augstumlīkni katram

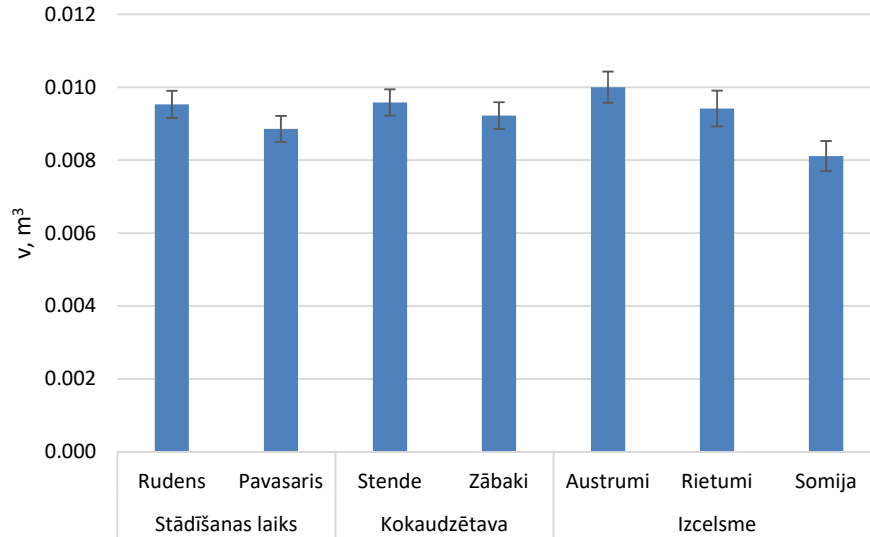
izmēģinājuma variantam katrā no stādījumiem. Koku stumbru tilpums aprēķināts pielietojot I. Liepas izstrādāto formulu. Visi vērtētie koki iedalīti kvalitātes grupās, subjektīvi novērtējot to stumbru un zarojuma kvalitāti ballēs:

- 1) zemākais vērtējums; koks ar ļoti nekvalitatīvu stumbru un zarojumu (stumbrs nebūs izmantojams finierkluču ieguvei);
- 2) koks ar nekvalitatīvu zarojumu (dubultgalotne, vai padēls) vai sliktu stumbra formu (līkumains, zobeneveida izliekums);
- 3) normālas kvalitātes koks; stumbrs ar nelielu līkumainību, var būt dubultgalotne vai padēls vainaga augšējā daļā, kas nozīmīgi nesamazina stumbra kvalitāti;
- 4) stumbrs taisns, zarojums labs, tomēr nedaudz atpaliek no ideālā koka parametriem;
- 5) nevainojamas kvalitātes koks, meža selekcijā vērtējams kā pluskoks.

Iegūtie dati apstrādāti ar dispersijas analīzes palīdzību, kā rezultatīvo pazīmi izmantojot koku stumbru tilpumu 2022. gada beigās. Atšķirības starp faktoru grupām aprēķinātas ar Post Hoc testu, pielietojot Dankana kritēriju. Divu faktoru dispersijas analīze izmantota, lai pārbaudītu izmēģinājumā testēto faktoru (augšnes gatavošana, stādīšanas laiks, stādmateriāls, izcelsme) mijiedarbības būtiskumu. Atšķirības starp koku kvalitātes grupām (ballēm) dalījumā pa izmēģinājuma variantiem novērtētas ar Kruskala-Valisa testu. Vidējo vērtību starpība novērtēta ar 95% ticamības līmeni. Statistiski būtiskas atšķirības starp izmēģinājuma faktoriem attēlotas ar dažādu burtu un krāsu apzīmējumiem.

Rezultāti

Astoņu gadu vecumā uzmērīto koku vidējais augstums variē no 6,2 līdz 7,3 m, bet vidējais krūšaugstuma caurmērs robežās no 4,4 līdz 5,9 cm. Koku vidējais tilpums variē no 0,0062 līdz 0,0114 m³ un tas būtiski atšķiras starp izmēģinājuma variantiem (38. att.). Rudenī stādīto koku augstums ir būtiski lielāks, nekā pavasarī stādītajiem kokiem ($p = 0,010$). Tas ir apliecinājums tam, ka bērza (gan ietvarstādu, gan kailsakņu stādu) stādīšana rudenī ir sekmīga un rekomendējama pielietošanai praksē. Mūsu dati uzrāda, ka rudenī stādītie koki ir veidojuši nedaudz lielākus pieaugumus nekā pavasarī stādītie. Tas varētu būt skaidrojams ar to, ka rudenī stādīto koku augšanas uzsākšana pavasarī ir bijusi labāka dēļ tā, ka koki ir labāk paspējuši nostiprināties augsnē. Parasti koku "izcilāšana" ziemā, mijoties augsnes atkuššanai un salam, tiek minēts kā lielākais risks, kādēļ rudens stādījumi ir mazāk veiksmīgi. Ņemot vērā to, ka jau vairākus gadus augsnes virskārtas sasalšana ziemas periodā nenotiek, šis risks ir mazinājies. Papildus arguments pret stādīšanu rudenī ir pārnadžu bojājumu risks pirmajā ziemā pēc iestādīšanas. Mūsu eksperimentālajās platībās bērza stādiem netika novēroti būtiski dzinumumu apkodumi.

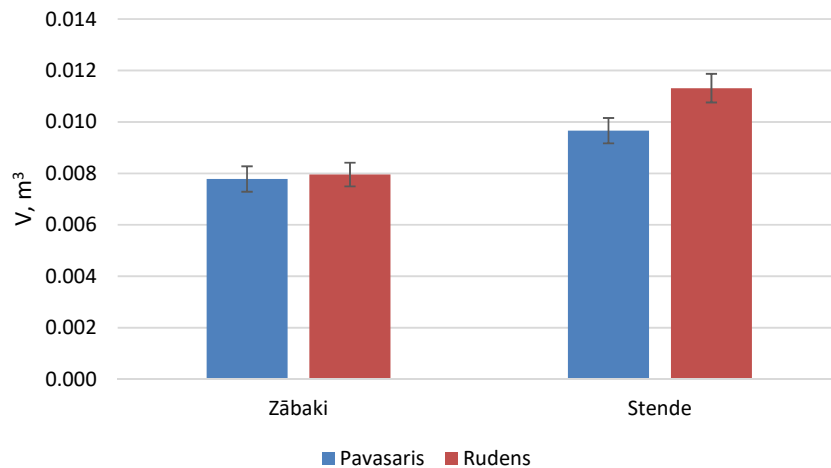


38. att. Koku vidējais stumbra tilpums dalījumā pa izmēģinājuma variantiem ($\pm 95\%$ ticamības intervāls).

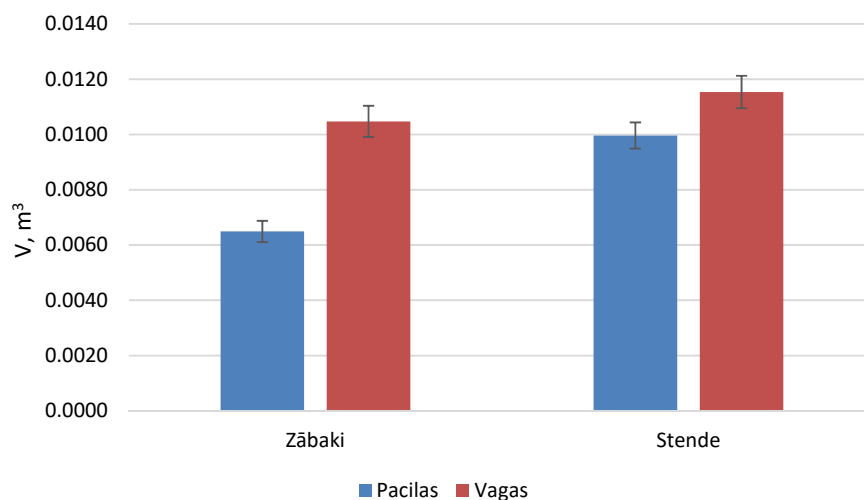
Joprojām ir vērojamas arī iepriekšējās uzmērīšanas reizēs konstatētās atšķirības starp stādmateriāla variantiem. Stendes kokaudzētavā audzētajiem stādiem ar uzlabotu sakņu sistēmu (1/1IS) stādiem vidējais stumbra tilpums ir lielāks nekā Zābakos audzētajiem ietvarstādiem ($p = 0,001$) apliecinot, ka stādmateriāla izmēriem ir ilgtermiņa ietekme uz koku augšanu pēc iestādīšanas.

Datu analīze uzrāda būtiskas statistiski būtisku mijiedarbību starp vairākiem izmēģinājumā iekļautajiem faktoriem – stādīšanai laiks/stādmateriāla veids ($p = 0,004$) (39. att.) un augsnes gatavošanas veids/stādmateriāla veids ($p = 0,000$) (40. att.).

Ietvarstādu (Zābaki) augšana pavasarī un rudenī stādītajās platībās ir bijusi faktiski identiska, tomēr 1/1IS stādi (Stende) būtiski labāk auguši rudenī stādījumā. Divfaktoru dispersijas analīze norāda, ka, tieši pateicoties 1/1IS stādu labākam sniegunam, rudenī stādīto koku augšana eksperimentālajos stādījumos bijusi labāka.



39. att. Koku vidējais tilpums dalījumā pa stādmateriāla veidiem un stādīšanas laikiem ($\pm 95\%$ ticamības intervāls).



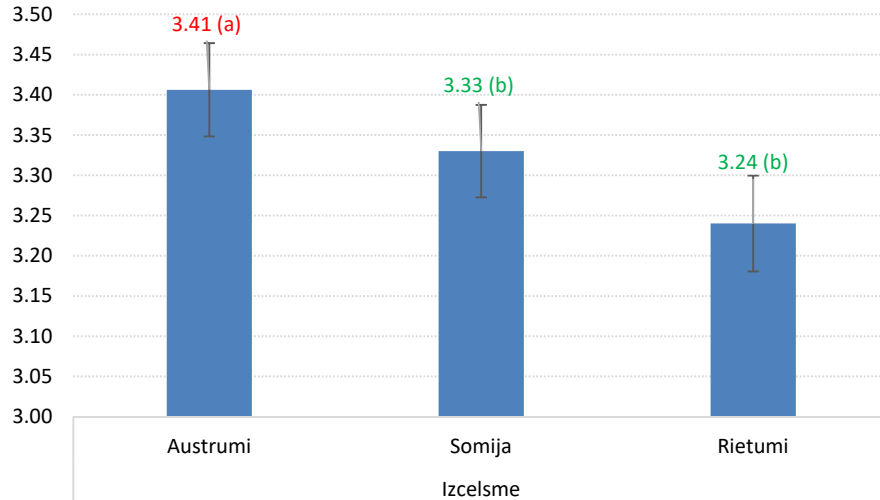
40. att. Koku vidējais tilpums dalījumā pa stādmateriāla veidiem un augsnes gatavošanas veidiem ($\pm 95\%$ ticamības intervāls).

Datu analīze apliecina, ka vagās gatavotajā platībā vidējais koku tilpums ir lielāks nekā pacilotajās. Jāatzīmē, ka abi stādmateriālu veidi auguši labāk vagās, tomēr atšķirības starp vagās un pacilās stādītiem ietvarstādiem (Zābaki) ir izteiktākas nekā 1/1IS (Stende) stādiem. Šie rezultāti gan var būt neobjektīvi, jo ar disku arklu vagās gatavotā platība ir tikai viena un šajā nogabalā augsne ir vieglāka un labāk drenēta. Abās pacilās gatavotajās platībās augsne ir ar lielāku māla saturu. Atšķirīgie augšanas apstākļi, visdrīzāk, ir faktors, kurš izskaidro augšanas atšķirības eksperimentālajās platībās.

Aprēķinātie koku tilpumi būtiski atšķiras pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem. Somijas izcelsmes koku vidējais stumbra tilpums būtiski mazāks nekā Latvijas izcelsmes austrumu un rietumu reģiona kokiem ($p < 0,01$). Lai arī austrumu izcelsmes koku stumbra tilpums ir nedaudz lielāks nekā rietumu izcelsmes kokiem, tomēr atšķirības nav statistiski būtiskas ($p = 0,159$). Mūsu dati apliecina, ka abu Latvijas izcelsmes stādu augšana stādījumā Kurzemes reģionā ir bijusi vienlīdz laba. Somijas izcelsmes bērzu atpalcība augšanā bija sagaidāma, jo tālāk uz ziemeļiem augošo provenienču produktivitāte parasti ir sliktāka dēļ tā, ka koki adaptējušies augt īsākā veģetācijas periodā. Jāpaskaidro, ka visas izcelsmes (gan Latvijas, gan Somijas) ņemtas no sēklu plantācijām (selekcionēts materiāls).

Koku stumbra un zarojuma kvalitātes vērtējums ballēs sniedz indikatīvu priekšstatu par izcelsmju reproduktīvā materiāla ģenētisko kvalitāti. Mūsu veiktā datu analīze atklāj, ka Latvijas austrumu izcelsmes bērzu kvalitāte ir būtiski labāka nekā Somijas un Latvijas rietumu izcelsmes kokiem. Šāds vērtējums gan šobrīd jāuztver piesardzīgi, jo jaunaudžu vecumā ne vienmēr var precīzi novērtēt koku stumbra kvalitāti. Tomēr arī šie sākotnējie dati apliecina, ka atšķirības kvalitātes ziņā ir nelielas un šo pārbaudīto bērzu izcelsmju pielietošana meža atjaunošanā un ieaudzēšanā visdrīzāk neatstās nozīmīgu ietekmi uz nākotnes audzes kvalitāti.

Dažādu izcelsmju bērzu reproduktīvā materiāla pārbaude ir viens no nozīmīgākajiem mērķiem šī ilgtermiņa eksperimenta ierīkošanai un to augšanas monitoringu nepieciešams turpināt arī nākotnē.



41. att. Koku kvalitātes novērtējums (vidējā balle) dalījumā pa koku izcelsmes grupām ($\pm 95\%$ ticamības intervāls).

Secinājumi

Astoņus gadus pēc eksperimentālo stādījumu ierīkošanas Stendes kokaudzētavā audzētie stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu (1/1IS) uzrāda labākus augšanas rādītājus nekā Zābaku kokaudzētavā audzētie ietvarstādi, apliecinot stādmateriāla kvalitātes ilgtermiņa ietekmi uz koku augšanu. Somijas izcelsmes bērzu augšana nedaudz atpaliek no Latvijas izcelsmes bērziem. Vislabāko produktivitāti stādījumos demonstrē Latvijas austrumu izcelsmes bērzi, kuri ir labāki arī pēc kvalitatīvā stumbru un zarojuma novērtējuma.

Rudenī stādītie 1/1IS stādi uzrāda labāku augšanu nekā pavasara stādījumā. Bērza ietvarstādu augšana nav bijusi būtiski atšķirīga atkarībā no stādīšanas laika. Rezultāti apliecina, ka gan ietvarstādu gan 1/1IS stādu stādīšana rudenī nerada būtiskus riskus stādījumu augšanai.

Provenienču stādījumi Latvijā un Lietuvā

Eksperimentālo stādījumu ierīkošana

2020. gada pavasarī AS “Latvijas Finieris” īpašumos pie Ropažiem un Rendas un Lietuvā (Jonava) (42. att.) ierīkoti eksperimentālie stādījumi, lai pārbaudītu Latvijas (austrumu un rietumu), Lietuvas, Igaunijas un Somijas (dienvidu reģions) izcelsmes stādu augšanu ģeogrāfiski atšķirīgos reģionos. Abi Latvijā ierīkoti eksperimenti ierīkoti lauksaimniecības zemēs, bet Lietuvā – bijušās kokaudzētavas teritorijā. Pavisam izmēģinājumos izmantotas septiņas bērza izcelsmes (Tabula 19). Reproductīvā materiāla kategorijas Latvijas izcelsmes austrumu un rietumu sēklām – “pārāks”; Somijas izcelsmes sēklām (FI466 un FI468) – “pārāks”; Lietuvas izcelsmes sēklām – “atlasīts” (BK1) un “uzlabots”; Igaunijas izcelsmei – “ieguves vieta zināma”. Informācija par Somijas un Lietuvas sēklu pielietošanas reģioniem (kartogrāfisks materiāls), kuru izsnieguši atbilstošo valstu atbildīgās institūcijas, pievienota pārskata pielikumā.

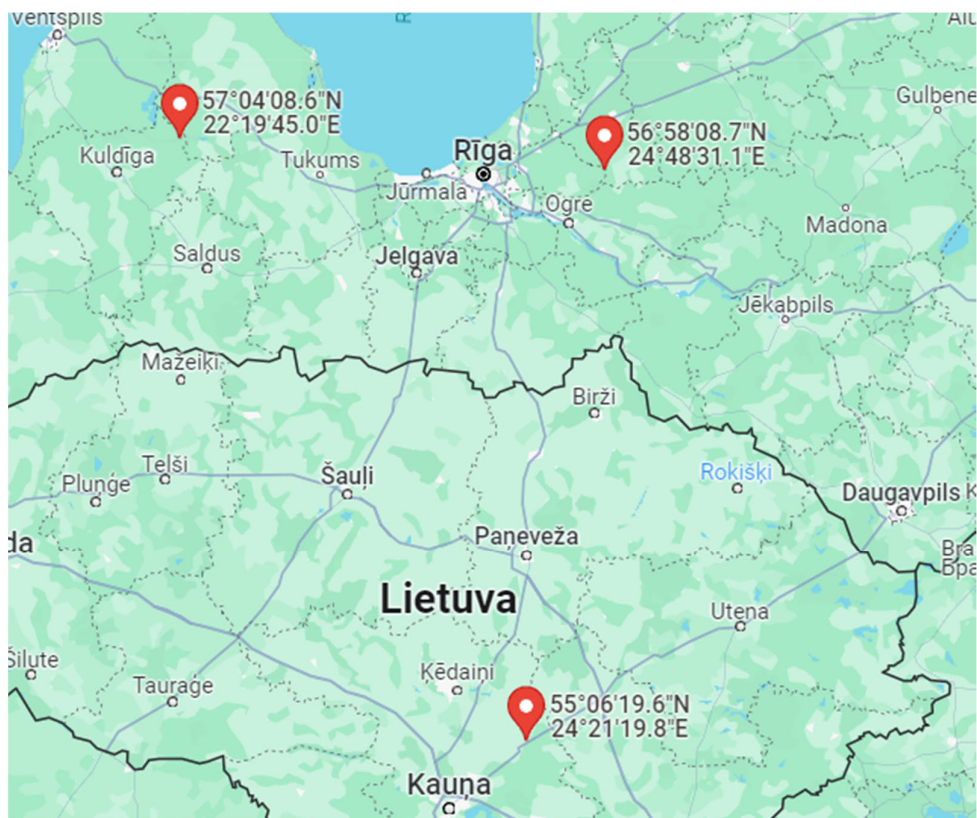
Bērza stādi no dažādu izcelsmju sēklām izaudzēti AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavā “Zābaki” vienādos apstākļos. Izmēģinājumu platībās Latvijā augsne pirms koku stādīšanas gatavota ar disku arklu, un koki stādīti vagas apakšā. Lietuvā augsne gatavota vienlaidus visā platībā. Uzreiz pēc iestādīšanas abos Latvijas stādījumos veikta iestādīto koku augstuma mērījumi. Eksperimentālajā stādījumā pie Ropažiem pavisam iestādīti 1820 koki, kas randomizēti izvietoti 91 parcelē (20 vienas izcelsmes koki parcelē), savukārt stādījumā pie Rendas iestādīti 1900 koki kopā 32 parcelēs, katra sēklu izcelsme vismaz četros atkārtojumos. Koki vagās Latvijā ierīkotajos stādījumos stādīti shēmā 2 × 2 m, bet Lietuvā – 2 × 3 m. Visu stādījumu shēmas pievienotas pārskata pielikumā.

Tabula 19

Izmēģinājumā pārbaudīto bērza sēklu 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”.
Somija	FI 466	Sēklu plantācija, kategorija “pārāks”.
	FI 468	Sēklu plantācija, kategorija “pārāks”.
Igaunija	EE	Mežaudze, kategorija “izcelsmes vieta zināma”.

Bērza ietvarstādi no dažādas izcelsmes sēklām izaudzēti AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavā “Zābaki” vienādos apstākļos, izmantojot identisku audzēšanas agrotehniku. Izmēģinājumu platībās augsne pirms koku stādīšanas gatavota ar disku arklu, un koki stādīti vagas apakšā. Uzreiz pēc iestādīšanas abos stādījumos veikta iestādīto koku augstuma mērījumi. Eksperimentālajā stādījumā pie Ropažiem pavisam iestādīti 1820 koki, kas randomizēti izvietoti 91 parcelē (20 vienas izcelsmes koki parcelē), savukārt stādījumā pie Rendas iestādīti 1900 koki kopā 32 parcelēs, katra sēklu izcelsme vismaz četros atkārtojumos. Koki vagās stādīti divu metru attālumā viens no otra.



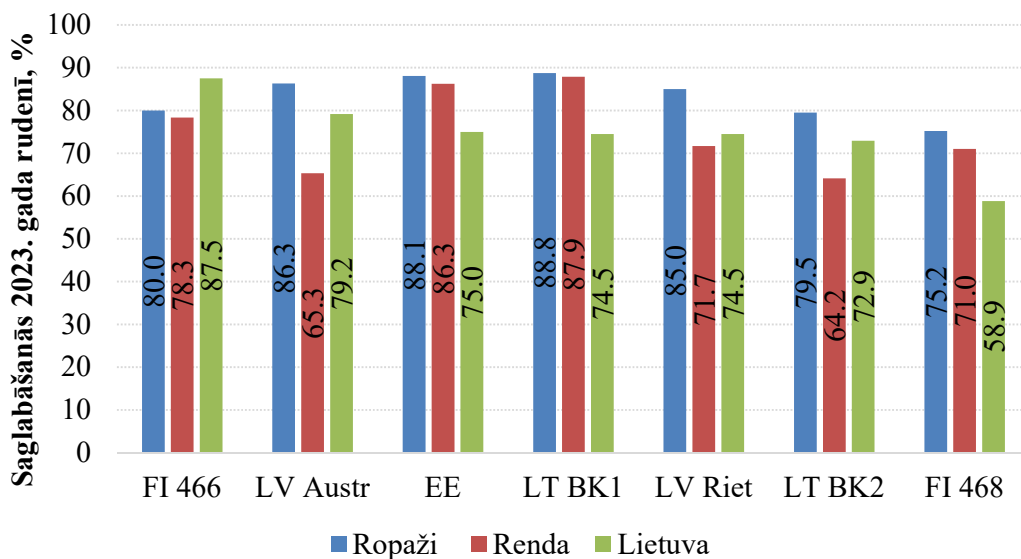
42. att. Eksperimentālo stādījumu ierīkošanas vietas Latvijā un Lietuvā.

Eksperimentālie stādījumi Latvijā sākot no ierīkošanas gada uzmērīti katru gadu, uzmērot katra individuālā koka augstumu un reģistrējot bojājumus. Lietuvas stādījums uzmērīts 2023. gada rudenī.

Iegūtie dati apstrādāti ar dispersijas analīzes palīdzību, kā rezultatīvo pazīmi izmantojot katra uzmērītā koka augstumu 2023. gada beigās dalījumā pa izcelsmēm. Vidējo vērtību starpība dažādas izcelsmes stādmateriālam novērtēta ar 95% ticamības līmeni. Statistiski būtiskas atšķirības starp izmēģinājuma variantiem attēlotas ar dažādu burtu apzīmējumiem.

Rezultāti un diskusija

Koku saglabāšanās. Latvijā ierīkotie stādījumi ir pasekoti un uzmērīti katru gadu līdz pat 2023. gada veģetācijas sezonas noslēgumam. Lietuvā Jonavas pašvaldībā sadarbībā ar Lietuvas Lauksaimniecības un mežsaimniecības zinātņu centru ierīkotais stādījums ir apsekots pēc iestādīšana un uzmērīts 2023. gada rudenī. Diemžēl stādījums nav izdevies, jo augsne objektā ir nabadzīga un koki cietuši no dzīvnieku bojājumiem un sausuma. Gan koku saglabāšanās, gan pieaugumi šajā stādījumā ir sliktāki nekā abos Latvijas stādījumos.



43. att. Koku saglabāšanās eksperimentālajos stādījumos 2023. gada rudenī dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (Tabula 19).

Stādījumā Lietuvā koki izteikti labāk auguši lauka malās izrakto grāvju tuvumā. Neskatoties uz to, ka stādījums ierīkots četros atkārtojumos, tomēr eksperimenta dizains pilnībā nav izslēdzis augšanas apstākļu ietekmi uz izmēģinājuma variantu augšanu. Turpmākā datu ievākšana stādījumā Lietuvā Jonavas pašvaldībā nav lietderīga un tas tiks izslēgts no kopējā eksperimentu sērijas.

Pēc četrām veģetācijas sezonām visās platībās koku saglabāšanās variē no 58 līdz 88%, atkarībā no stādmateriāla sēklu izcelsmes (43. att.). Visi objekti ierīkoti neiežogotās platības un būtiskākos bojājumus kokiem nodarījuši briežveidīgie dzīvnieki, kas uzskatāms par galveno cēloni koku bojāejai. Vismazākie postījumi konstatēti stādījumā Ropažu pagastā, kas atspoguļojas arī saglabāšanās datos.

Koku augstums. Pēc četrām augšanas sezonām starp dažādu sēklu izcelsmju vidējo koku augstumiem ir novērojamas statistiski būtiskas atšķirības visos objektos. Vidējie koku augstumi variē no 113,2 līdz 159,4 cm Lietuvas stādījumā (44. att.), no 131,9 līdz 188,4 cm Rendas stādījumā (45. att.), savukārt Ropažu stādījumā no 202,0 līdz 261,9 cm (46. att.) dažādu izcelsmju kokiem.

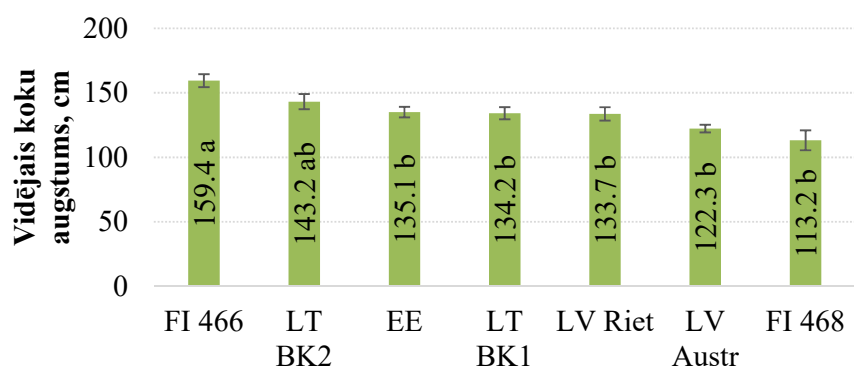
Lietuvas stādījumā novērotas atšķirīgas koku augšanas tendences, nekā tās ir Latvijā, proti, lielākie vidējie koku augstumi fiksēti bērziem, kuriem sēklu izcelsme ir Somijas dienvidi un Igaunija. Ņemot vērā šī stādījuma slikto augšanu un konstatēto neviendabīgo augšanas apstākļu ietekmi uz atsevišķu variantu augšanu, turpmāk analizēti tiks tikai abu Latvijā ierīkoto stādījumu dati.

Abos Latvijas stādījumos LT BK2 sēklu izcelsmes bērzi demonstrējuši labāko augšanu. Rendā šis Lietuvas dienvidu izcelsmes materiāls bijis būtiski labāks nekā pārējie varianti, bet Ropažos tas audzis vienlīdz labi ar abām Latvijas izcelsmēm. Saglabājas tendence, ka abas izmēģinājumā iekļautās Somijas bērzu izcelsmes atpalielā no Baltijas valstu materiāla. Igaunijas bērzi atpalielā augšanā no Latvijas un Lietuvas izcelsmēm, tomēr jāņem vērā, ka Igaunijas bērzu sēklas atbilst kategorijai “izcelsmes vieta zināma”, bet Latvijas un Lietuvas materiāls atbilst augstvērtīgākām izcelsmes kategorijām.

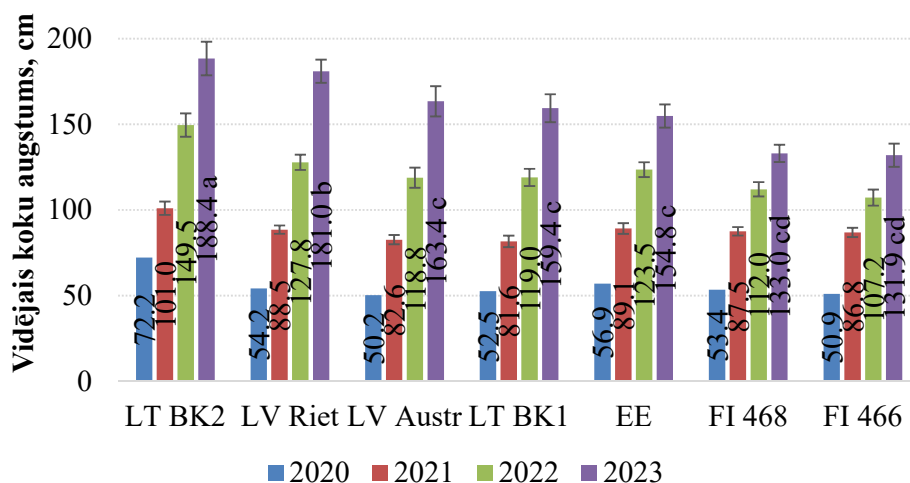
Rendas stādījumā iepriekšējās uzmērīšanas reizēs konstatēts samērā liels dzīvnieku bojāto bērzu skaits, kas nenoliedzami ietekmējis koku augšanas gaitu. Lai gan 2023. gada

rudenī pārnadžu bojāto koku skaits nav bijis liels, uz stumbriem joprojām redzami iepriekšējos gados nodarītie bojājumi, kā arī daudziem kokiem ir kroplas galotnes. Šī iemesla dēļ Ropažu stādījums pašlaik vērtējams kā veiksmīgākais, jo visu sēklu izcelsmju vidējais koku augstums pēc ceturtās veģetācijas sezonas sasniedzis un pārsniedzis divu metru augstumu, kamēr Rendā vidējais koku augstums joprojām saglabājas zemāks.

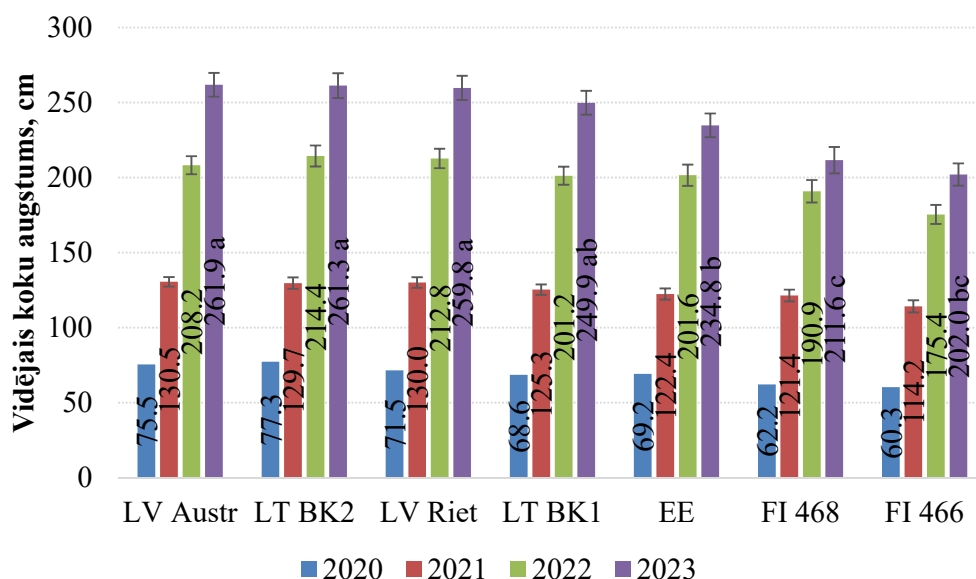
Neskatoties uz to, ka Ropažu stādījumā 2023. gadā visu izcelsmju bērzu vidējie augstumi ir lielāki, koku pieaugumi kopš 2022. gada konkrētajā objektā ir mazāki, salīdzinājumā ar Rendas stādījumu. Tāpat kā abos objektos LT BK2 izcelsmes sēklām ir lielāks koku augstums, arī augstuma pieaugumi ir vieni no lielākajiem pret pagājušo gadu (Renda – 59,8 cm, Ropaži – 46,5 cm), kam seko LV Riet, LV Austr un LT BK1. Savukārt mazākie pieaugumi pret iepriekšējo gadu Latvijas objektos ir Somijas un Igaunijas izcelsmes kokiem.



44. att. Vidējais koku augstums ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) Lietuvas stādījumā 2023. gada rudenī dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (Tabula 19). Ar dažādiem burtiem apzīmētas statistiski būtiskas atšķirības ($p > 0,05$).



45. att. Vidējā koku augstuma izmaiņas ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) Rendas stādījumā no 2021. gada līdz 2023. gada rudenim dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (Tabula 19). Ar dažādiem burtiem apzīmētas statistiski būtiskas atšķirības ($p > 0,05$).



46. att. Vidējā koku augstuma izmaiņas ($\pm 95\%$ ticamības intervāls) Ropažu stādījumā no 2021. gada līdz 2023. gada rudenim dalījumā pa reproduktīvā materiāla izcelsmes veidiem (Tabula 19). Ar dažādiem burtiem apzīmētas statistiski būtiskas atšķirības ($p > 0,05$).

Secinājumi

Eksperimentālajos stādījumos dažādu Baltijas jūras reģiona valstu āra bērza reproduktīvā materiāla salīdzināšanai labākos rezultātus demonstrē Lietuvas izcelsme LT BK2, kas atbilst kategorijai “uzlabots” un paredzēta izmantošanai Lietuvas dienvidu daļā. Abas stādījumos izmantotās Somijas izcelsmes augšanā atpaliek no Latvijas, Lietuvas un Igaunijas izcelsmes materiāla.

Eksperimentālo stādījumu izvērtēšanu nepieciešams turpināt, lai nākotnē varētu novērtēt ne vien dažādu izcelsmju bērzu stumbru un zarojuma kvalitāti, bet arī koksnes īpašības – blīvumu, koksnes krāsu, iekrāsojuma veidošanos utt. Bērzu pārstrādājošo uzņēmumu pārstāvji sarunās bieži norāda uz Somijas bērza koksnes kvalitāti – gaišo krāsu, mazākām zaru vainām un mazāku iekrāsojumu stumbru centrālajā daļā, kas ļauj no Somijas bērziem iegūt daudz augstvērtīgāku finieri. Koksnes kvalitāte varētu būt aspekts, kas ņemams vērā, izvērtējot Somijas izcelsmes bērzu audzēšanu Latvija arī tad, ja mūsu apstākļos šīs izcelsmes bērzi produktivitātē atpaliek.

Bērzu ziedēšanas veicināšanas metodes sēklu plantācijā

Pamatojums

Ģenētiski uzlabota meža stādmateriāla izmantošana meža atjaunošanā un ieaudzēšanā ļauj nozīmīgu uzlabot nākotnes meža vērtību. Mērķtiecīgs selekcijas darbs ar āra bērzu Latvijā norisinās jau vairāk nekā divas desmitgades, tomēr šī darba rezultātu ieviešanu praksē limitē neregulārās un sliktās sēklu ražas sēklu plantācijās. Lai arī Somijas zinātnieku izstrādātā tehnoloģija bērza sēklu ieguvei plēves seguma sēklu plantācija ir izstrādāta jau pagājušā gadsimta septiņdesmitos gados un ieviesta daudzās valstīs, tomēr neregulāra bērzu klonu ziedēšana ir problēma, ar kuru nākas saskarties daudzviet.

Latvijā ir vairākas bērzu sēklu plantācijas, tomēr stādmateriāla audzēšanai lielākoties izmanto “ieguves vieta zināma” kategorijas mežaudžu sēklas, jo sliktās plantāciju ražas jau ilgstoši nevar nodrošināt pieprasījumu pēc bērza sēklām. Ilgstošās neveiksmes ziedēšanas stimulēšanā bērzu sēklu plantācijās liek meklēt risinājumus, kas ļautu intensificēt to produkcijas ieguvi.

Meža selekcijas ciklu ilgumu lielā mērā limitē ziedēšanas (sēklu ražošanas) uzsākšana. Agrīnas ziedēšanas iniciēšana kokaugiem piedāvā nozīmīgu laika ietaupījumu, kas ļauj samazināt nepieciešamo laiku, lai iegūtu sēklu ražas no plantācijām, uzsāktu krustošanu un ierīkotu nākošās pakāpes pēcnācēju pārbaužu stādījumus. Pētījumi par skuju koku sēklu plantāciju ražošanas potenciāla palielināšanu ir veikti daudzviet, tomēr par lapu kokiem šādu pētījumu ir daudz mazāk, ņemot vērā šo koku sugu mazāku saimniecisko nozīmi. Piemēram, nedaudzie pētījumi par bērza ziedēšanas prognozēšanu dabā ir mērķēti nevis uz šīs parādības ekoloģisko vai mežsaimniecisko nozīmi, bet gan cilvēku labbūtību – bērza putekšņi ir ļoti alerģiski (Ranta et al., 2008; Bogawski et al., 2019).

Šī pētnieciskā uzdevuma mērķis ir apzināt pieejamos pētījumus par lapu koku ziedēšanas stimulēšanas iespējām un sagatavot teorētisko bāzi šādu pētījumu veikšanai Latvijā.

Bērza sēklu plantācijas Somijā – ierīkošana un apsaimniekošana

Bērza sēklu plantācijas slēgta tipa plēves seguma siltumnīcās pirmo reizi uzsākta Somijā pagājušā gadsimta septiņdesmitajos gados (Lepisto, 1973). Vispārējie bērza sēklu plantācijas ierīkošanas un apsaimniekošanas principi aprakstīti Somijas Dabas resursu institūta “Luke” prezentācijā NordGen tematiskajā pasākumā 2018. gada 11. aprīlī Islandē (Pöykkö, 2018). Pirmā bērza sēklu plantācija Somijā ierīkota septiņdesmito gadu sākumā tā laika Somijas Mežzinātnes institūta “Metla” izmēģinājumu stacijā Hāpastensirja. Siltumnīca sēklu ražošanai bija veidota kā koka konstrukcija ar viena slāņa UV stabilizētās plēves (0,2 mm) segumu. Siltumnīca aprīkota ar automatisko jumta ventilācijas sistēmu, nodrošinot arī manuālu sānu ventilācijas iespēju. Siltumnīcā augstā stādīti viengadīgi bērza potējumi (aprīlis–maijs). Bērzu audzēšanai izmantots 40 cm biezs bagātinātas frēzkūdras slānis. Pamatmēslojums (NPK 14-7-15) 1 kg m⁻³; kaļķošana – 5 kg m⁻³. Potēto klonu stādīšanas shēma 3 × 5 m, atstājot plēves siltumnīcas vidū 5 m brīvu ceļu. Pēc iestādīšanas kūdras substrāts noseigts ar šķiedras audumu un pārklāts ar gaišām kaļķakmens šķembām (ø 8–16 mm).

Vasaras periodā siltumnīcā nodrošina ventilāciju (22–25°C). 4...5 nedēļas pirms prognozētās bērzu ziedēšanas dabā siltumnīca tiek noslēgta. Ziedēšanas laikā siltumnīcas iekšienē nodrošina gaisa plūsmu ar ventilatoriem (pārnēsājamiem, stacionārajiem), lai uzlabotu apputeksnēšanos. Ziedēšanas iniciēšanai periodā no maija vidus līdz jūnija beigām naktīs (04:00–07:00) tiek dedzināts propāns, lai sasniegtu CO₂ koncentrāciju līdz 1000 ppm. Šajā laikā ventilācijas temperatūra +30–35°C.

Arī turpmākajos gados bērza kloniem siltumnīcā nodrošina papildmēslošanu maijā un vēlū jūnijā ar granulēto minerālmēslojumu NPK 26,6-1,3-4,3 + S, B, Se, kā arī regulāru uzraudzību un aizsardzības pasākumus pret sēnīšu slimībām un kaitēkļiem. Regulāra vainagu veidošana nepieciešama koku augšanas ierobežošanai un sēklu ražas uzlabošanai. Klonu aprīte siltumnīcās – ik pēc 10 gadiem.

Bērza sēklu plantāciju apsaimniekošana Latvijā

Informācija par bērzu sēklu plantāciju apsaimniekošanu Latvijā iegūta intervijā ar LVM “Sēklas un Stādi” Kalsnavas sēklkopības iecirkņa vadītāju Jāni Auziņu 2023. gada 19. decembrī.

Pirmā bērza sēklu plantācija zem plēves seguma (dalīta divās daļās Kalsnava 1 austrumu reģionam un Kalsnava 2 rietumu reģionam) sēklas uzsāka ražot 2003. gadā un slēgta 2015. gada septembrī. Kopumā šajā plantācijā iegūti 56 kg bērza sēklu, kuras atbilst kategorijai “uzlabots”. Nākošās pakāpes sēklu plantācija kategorija “pārāks” (Kalsnava 4 rietumu reģionam un Kalsnava 5 austrumu reģionam) reģistrēta 2017. gadā un kopā līdz šim iegūti 21 kg sēklu, no kurām 10,4 kg ir 2023. gada raža.

2024. gadā paredzēts uzbūvēt jaunu siltumnīcu, kurā pavasarī paredzēts stādīt jaunus potētus un *in vitro* pavairotos bērzu klonus.

Pirmā bērzu sēklu plantācija lielāko sēklu ražu sasniedza 2006. gadā (virs 30 kg). Kopumā Kalsnava 2 plantācijas raža vairāk nekā divas reizes pārsniedza Kalsnava 1 ražu, veidojoties deficītam austrumu reģiona sēklām.

Bērza kloni siltumnīcās audzēti kūdras substrātā, nodrošinot to bagātinot a komplekso minerālmēslojumu un kaļķi. Ja neskaita mēģinājumu ar zaru horizontālo atsaitēšanu un vainagu veidošanu (apgriešanu), nekādi papildus pasākumi sēklu ražās veicināšanai nav veikti.

Jaunajā 2024. gadā paredzētajā siltumnīcā tiks iestrādāta sistēma, kas ļaus palielināt CO₂ koncentrāciju, kā arī paredzēts ieklāt gaišu segumu, kā tas tiek praktizēts sēklu plantācijās Somijā.

Bērza ziedēšanas fizioloģija un iespējas ziedu aizmetņu iniciēšanai

Augu morfoģenēze iedalās vairākās stadijās jeb fāzēs, kuru sākuma laiku nosaka dažādu fizioloģisko un vides faktoru mijiedarbība. Viens no nozīmīgākajiem posmiem augu attīstībā ir pāreja no juvenilās uz reprodiktīvo fāzi. Tieši juvenilās fāzes ilgums nosaka to, kad koks uzsāk ražot sēklas. Piemēram, dabā bērzs uzsāk ziedēšanu 10...15 gadu vecumā (Perala & Alm, 1990). Zināms, ka daudzgadīgiem augiem ziedēšanas uzsākšanai nepieciešams noteikta ilguma aukstuma periods, kas parasti saistās ar pārziemošanu (Ieviņš, 2016). Pagājušā gadsimta piecdesmitajos gados ir veikts eksperiments ar āra bērzu, lai skaidrotu, vai bērza reprodukcijas uzsākšanās ir saistīta ar vecumu (augšanas, pārziemošanas ciklu skaitu), vai noteiktu izmēru sasniegšanu. Apstiprinājies, ka ziedēšanu iespējams iniciēt arī nepilnu gadu veciem visu sezonu optimālos apstākļos siltumnīcā auguši bērza sējeņiem, kuri nav izgājuši pārziemošanas fāzi (Longman & Wareing, 1959). Audzēšana siltumnīcā, pat nenodrošinot papildus apkuri, ir apstākļi, kas veicina kokaugu ziedēšanu. Tas ir apstiprinājies gan ar bērzu, gan Sitkas egli (Longman, 1979).

Auga pāreja no juvenilās uz reprodiktīvo fāzi ir nozīmīgs faktors, lai iniciētu ziedēšanu un sēklu ražošanu, tomēr bērzam faktiski nav morfoloģisku vai anatomisku pazīmju, pēc kurām var noteikt piederību vienai vai otrai attīstības fāzei (Huhtinen, 1976). Ir autori, kuri apgalvo, ka atrašanās reprodiktīvajā fāzē nav obligāts nosacījums kokaugu ziedēšanai un to iespējams iniciēt arī auga juvenilajā fāzē (Longman, 1976).

Veģetatīvā miera stāvokļa iestāšanos un ziedēšanu augiem lielā mērā nosaka divi galvenie vides faktori – temperatūra un gaisma. Ziedēšanas indukcijai nepieciešamo vides faktoru (signālu) nosaka specifisku gēnu aktivizēšanās (Horvath, 2009). Gēnu inženierija jau šobrīd ir devusi rezultātus gan augļu koku, gan papeļu agrinās ziedēšanas iniciēšanai (Callahan et al., 2016). Pētījumā Somijā ir apstiprināts, ka gēnam BpMADS4 ir ļoti nozīmīga loma bērza ziedēšanas iniciēšanā (Elo et al., 2007). Ir apstiprināts, ka šis gēns nosaka auga pāreju no veģetatīvās uz reproduktīvo attīstību. Nepieciešami pētījumi, lai skaidroti BpMADS4 gēna nozīmi ziedēšanas iniciēšanai konkrētiem kloniem. Ģenētiski modificējot klonus, var panākt to agrāku ziedēšanu. Pētījumā panākts, ka atsevišķi *in vitro* pavairoti un ar *Agrobacterium mediated* gēnu pārnese metodi modificēti genotipi sāk ziedēt jau 11. dienā pēc apsākšanās. Ģenētiski modificēts materiāls izmantošana gan var radīt neparedzamas blaknes. Raksta autori uzsver, ka nav pārbaudījuši iegūto ziedu auglību, tomēr jau sākotnēji tika novērota anomāla to attīstība. Ir veikts pētījums, kurā no āra bēra iegūtais BpMADS4 gēns izmantots mājas ābeles genoma modificēšanai, kurā apstiprināts gēna pārnese efekts, nodrošinot ziedu iniciēšanos 3...4 mēnešu vecumā (Flachowsky et al., 2007).

Lai meklētu risinājumus bērza ziedēšanas stimulācijai, nepieciešams saprast ģeneratīvo pumpuru aizmešanās laikus un mehānismus. Pētījumi par papīrbērza *Betula papyrifera* reproduktīvās struktūras attīstību veikuši zinātnieki Kanādā (Macdonald & Mothersill, 1987). Noskaidrots, ka vīrišķo un sievišķo ziedu aizmetņu veidošanās bērzam atšķirīgos laikos un uz atšķirīgiem zariem. Reālajā laikā starpība starp vīrišķo un sievišķo dzinum veidošanos ir aptuveni astoņas nedēļas. Vīrišķo ziedu iniciēšanās notiek pavasarī īsi pirms veģetācijas atsākšanās, pirms pumpuru atvēršanās un uz potenciāli garākajiem dzinumiem. Pretstatā tam sievišķo ziedu iniciēšanās notiek uz īsajiem dzinumiem jūnija beigās vai jūlija sākumā. Autori atzīmē, ka saharozes koncentrācija dzinum galos ir svarīgs priekšnoteikums, lai veidotos ziedu aizmetņi. Pētījumā uzsvērts, ka metaboliskie priekšnoteikumi ziedu iniciēšanai vīrišķajiem un sievišķajiem ziediem ir atšķirīgi. Ziemeļos periodā uzkrātās barības nosaka vīrišķo, bet veģetācijas sezonas metabolisms nosaka sievišķo ziedu iniciēšanos.

Ziedu aizmetņu iniciēšanai meža sēklu plantācijās tradicionāli tiek pielietotas dažādas metodes – stumbru gredzenošana, sakņu apgriešana, vides temperatūras regulēšana, mēslošana un specifisku augšanas hormonu pielietošana (Bonnet-Masimbert & Webber, 1995). Meilan (1997) aprakstījis metodes, ar kuru palīdzību var panākt ziedu aizmetņu agrāku veidošanos lapu kokiem, iedalot metodes piecās grupās: ķīmiskās, augšanas regulēšanas metodes, fiziskās, gēnu pārnese. Metožu uzskaitījums:

Ķīmiskās metodes. *Fitohormoni.* Ir eksperimenti, kuros apstiprinājusies dažādu fitohormonu (giberelīnskābe, citokinīnu, auksīnu, absicīnskābes) pielietošanas efekts ne tikai uz kokaugu ziedēšanas iniciēšanu, bet arī dažādu dzimumu ziedu aizmetņu veidošanās regulēšanas iespēju. Šie eksperimenti gan lielākoties veikti ar dažādiem kultūraugiem – augļkokiem, vīnogulājiem u.c. *Augšanas regulatori (retardanti).* Preparātu galvenais mērķis ir panākt augu veģetatīvās attīstības pārtraukšanu noteiktā veģetācijas posmā. Piemēram – labības stiebru augšanu, lai ierobežotu veldri, vai augļu koku jauno dzinum augšanas ierobežošana. Kā blakusefekts šo preparātu izmantošanai ir pastiprināta ziedu aizmetņu veidošanās. Lauksaimniecības kultūru apstrādei biežāk lietotie augšanas regulatori ir triazoli (paclobutrazols u.c.), daminozīds, CCC (Cycocel®), cimektakarbs (Primo®).

Augšanas regulēšanas metodes. *Augšanas veicināšana.* Vairākos eksperimentos, kuros kokaugi (arī bērzs) ir audzēti ar “garās dienas” metodi visas veģetācijas sezonas garumā, ir panākts, ka kokaugiem sāk veidoties sēklas pirmajā veģetācijas sezonā. *Barošanās režīms.* Ir autori, kuri apgalvo, ka intensīva augu mēslošana, kas izraisa to strauju augšanu, veicina to ātrāku ziedēšanu. Īpaši nozīmīgs šajā aspektā ir tieši slāpekļa mēslojums. *Sausuma stress.* Ir apstiprināti novērojumi, ka sausas vasaras veicina skuju koku ziedēšanu. Līdzīgi novērojumi ir arī pa lapu kokiem. Eksperimenti siltumnīcā ar apsi ir pierādījuši, ka sausuma radītais stress

intensīvās augšanas fāzē ir veicinājis ziedu veidošanos. Temperatūra. Augu novietošana vidē ar zemu temperatūru var izraisīt to dzinumus strauju nobriešanu un veicināt sēklu ražošanu. Pavairošana in vitro. Eksperimenti ar kokaugiem (arī bērzu) norāda, ka atsevišķu klonu pavairošana *in vitro* var veicināt to agrāku ziedēšanu.

Fiziskās metodes. Šajā grupā ietilps metodes, kuras ierobežo koksnes vadaudu funkcijas, veicinot dzinumus veidoto metabolisma produktu (ogļhidrāti, augsni) koncentrācijas palielināšanos virs apstrādes vietas, bet sakņu veidoto metabolisma produktu un barības elementu uzkrāšanos zem tās. Mizas gredzenošana (stumbra vai zaru) ir viens no šādiem paņēmieniem. Radikālākā metode ir pilnīga zara vai stumbra nogredzenošana, bet iespējama ir arī vairāku, daļēji vienam otru pārsedzošu gredzenu veidošana dažādos augstumos. Viena no metodēm ir gredzenveida iegriezumu veidošana mizā visapkārt stumbram, atstājot mizu pie stumbra. Gredzenošana iespējams veikt arī ar stiepli, to aptinot ap stumbru vai zariem. Sakņu augšanas kontrole. Pilienvēda laistīšana un barošana veicina augļu koku ziedēšanu un ražu. Arī sakņu fiziska apgriešana vai ķīmiska augšanas ierobežošana (*prunning*) ar vara preparātu un herbicīdu pielietošanu var veicināt koku ziedēšanu. Pētījumos apstiprinājies, ka horizontāli veidotās zaros notiek bagātīgāka etilēna sintēze un šie zari ražo bagātīgāk. Horizontālo zaru veidošana var notikt, tos noliecot un nostiprinot tos pie zemes.

Ziedēšanu veicinošo gēnu pārnese. Ir noskaidroti konkrēti gēni, kuri ir atbildīgi par reproduktīvo pumpuru veidošanos dažādām koku sugām. Literatūras aprakstā jau minēts par gēnu *BpMADS4*, kuram ir nozīmīga loma bērza ziedēšanas iniciēšanā.

Sēklu ražas veicināšana bērza plantācijās – pētījumu virzieni nākotnei

Salīdzinājumā ar skuju koku sēklu plantācijām, bērza sēklu ieguve polietilēna seguma plantācijās ir specifiska metode. Lai arī tā ir ieviesta praksē un tiek pielietota jau aptuveni piecdesmit gadus, tomēr neregulāras sēklu ražas šajās plantācijās ir problēma, kura ir aktuāla daudzās valstīs, kuras ir pārņēmušas šo Somijā izstrādāto metodi. Klonu aprite siltumnīcās ir ļoti īsa (ap 10 gadi) un neveiksmes vai neprecizitātes, kuras ir pieļautas plantācijas ierīkošanas brīdī, kuru rezultātā šajā posmā tiek iegūtas tikai dažas pilnvērtīgas sēklu ražas, pilnībā sagrauj iespējas rentablai sēklu ražošanai.

Metodes bērzu sēklu plantāciju ražošanas uzlabošanai var iedalīt divās grupās: (1) esošās bērza sēklu plantāciju apsaimniekošanas prakses pilnveidošana; (2) jaunu uz teorētisko pētījumu bāzes veidotu un praktiskos izmēģinājumos aprobētu metožu ieviešana.

Šobrīd bērza sēklu plantācijās Latvijā praktiski netiek pielietoti citviet (Somijā, Igaunijā, Zviedrijā) izmantotie paņēmieni klonu ziedēšanas veicināšanai. Paredzams, ka jaunās siltumnīcas izbūve Jaunkalsnavā piedāvās jaunas iespējas bērzu ražas uzlabošanai (gāzes dedzināšana CO₂ koncentrācijas paaugstināšanai, atstarojošs segums).

Literatūrā var atrast norādes, ka kokaugu ziedēšanu iespējams iniciēt, manipulējot ar dažādu vides faktoru ietekmi, kontrolējot metabolismu un pielietojot dažādus ķīmiskus preparātus. Pētījumu par bērza ziedēšanas veicināšanas metodēm ir ļoti maz un to rezultāti ir pretrunīgi. Eksperimenti ar augļu koku ziedēšanas iniciēšanu apstiprina dažādu fitohormonu pielietošanas efektivitāti, tomēr nav pētījumu, kas skaidri apliecinātu kādu konkrētu preparātu ietekmi uz ziedu aizmetņu veidošanos bērzam.

Ir zināms, ka dažādu kokaugu sēklu ražas iniciē stresu izraisoši faktori – sausums, uguns, kaitēkļu un slimību ietekme utt.. LVMI “Silava” Meža selekcijas un kokaugu adaptācijas darba grupa veikusi pilotpētījumu klimata laboratorijā, kurā mēģināts iniciēt ziedēšanu vairākiem āra bērza kloniem, tajā skaitā – kontrolējot laistīšanas režīmu. Pārlicinoši rezultāti par šo manipulāciju pozitīvo ietekmi uz ziedu veidošanos tomēr nav iegūti (Āris Jansons, person. kom.).

Mērķtiecīgai bērza ziedēšanas veicināšanas metožu izstrādei nepieciešams veikt augu fizioloģijā un ģenētikā balstītus pētījumus, lai precizētu mehānismus, kas ir gan vīrišķo, gan sievišķo ziedu aizmetņu veidošanās pamatā. Tajā skaitā perspektīvs ir pētījumu virziens, kurā pētītu jau minētā gēna BpMADS4 aktivitāti, izpētot šī gēna ietekmi gan uz ziedēšanas laiku un intensitāti, gan iespējām atlasīt ražīgākus klonus sēklu ražošanas aspektā. Pēc šo nepieciešamo teorētisko zināšanu apkopošanas būtu iespējams ierīkot eksperimentus kontrolētā vidē, lai praktiski eksperimentētu ar metodēm bērzu sēklu ražas veicināšanai.

Literatūra

- Bogawski P., Grewling Ł., Jackowiak B. 2019. Predicting the onset of *Betula pendula* flowering in Poznań (Poland) using remote sensing thermal data. *Science of The Total Environment*, 658: 1485–1499; doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.295.
- Bonnet-Masimbert M., Webber J.E. 1995. From flower induction to seed production in forest tree orchards. *Tree Physiology*, 15(7–8): 419–426; doi: 10.1093/treephys/15.7-8.419.
- Callahan A.M., Srinivasan C., Dardick C., Scorza R. 2016. Rapid cycle breeding: application of transgenic early flowering for perennial trees. In: *Plant Breeding Reviews*, Vol. 40. John Wiley & Sons, Inc., pp. 299-334; doi: 10.1002/9781119279723.ch7.
- Elo A., Lemmetyinen J., Novak A., Keinonen K., Porali I., Hassinen M., Sopanen T. 2007. BpMADS4 has a central role in inflorescence initiation in silver birch (*Betula pendula*). *Physiologia Plantarum*, 131(1): 149-158; doi: 10.1111/j.1399-3054.2007.00947.x.
- Flachowsky H., Peil A., Sopanen T., Elo A., Hanke V. 2007. Overexpression of BpMADS4 from silver birch (*Betula pendula* Roth.) induces early-flowering in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Plant Breeding*, 126(2): 137-145; doi: 10.1111/j.1439-0523.2007.01344.x.
- Horvath D. 2009. Common mechanisms regulate flowering and dormancy. *Plant Science* 177(6): 523-531; doi: 10.1016/j.plantsci.2009.09.002.
- Huhtinen O. 1976. Early flowering of birch and its maintenance in plants regenerated through tissue cultures. *Acta Horticulturae*, 56: 243-250; doi: 10.17660/ActaHortic.1976.56.28.
- Ieviņš Ģ. 2016. *Augu fizioloģija*. LU akadēmiskais apgāds.
- Lepisto M. 1973. Accelerated birch breeding – in plastic greenhouses. *The Forestry Chronicle*, 49(4): 172-173; doi: 10.5558/tfc49172-4.
- Longman K.A. 1976. Some experimental approaches to the problem of phase change in forest trees. *Acta Horticulturae*, 65: 81-90; doi: 10.17660/ActaHortic.1976.56.6.
- Longman K.A. 1979. Control of flowering for forest improvement and seed production. *Scientific Horticulture*, 30: 1-10.
- Longman K.A., Wareing P.F. 1959. Early induction of flowering in birch seedlings. *Nature*, 184: 2037-2038; doi: 10.1038/1842037b0.
- 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; doi: 10.1139/b87-056.
- Meilan R. 1997. Floral induction in woody angiosperms. *New Forests*, 14(3): 179-202; doi: 10.1023/A:1006560603966.
- Perala D.A., Alm, A.A. 1990. Reproductive ecology of birch: A review. *Forest Ecology and Management*, 32(1): 1-38.
- Pöykkö S. 2018. Finnish birch seed production in greenhouse orchards. NordGen Akureyri, 11.4.2018. URL: <https://www.skogur.is/static/files/fagradstefna-skograektar->

2018/poykko_finnishbirchseedproduction_greenhouseorchards_nordgeniceland2018.pdf. (skafīts 01.12.2023.).

Ranta H., Hokkanen T., Linkosalo T., Laukkanen L., Bondestam K., Oksanen A. 2008. Male flowering of birch: Spatial synchronization, year-to-year variation and relation of catkin numbers and airborne pollen counts. *Forest Ecology and Management*, 255(3/4), 643-650.

Dalība SNS tīklošanas pasākumā “Joining Nordic Forces For More Birch” Somijā

Tīklošanas pasākumu Somijā no 21. līdz 25. augustam finansēja Ziemeļvalstu mežzinātnes centrs (SNS) un organizēja Zviedrijas Lauksaimniecības zinātņu universitāte (SLU). Tā mērķis ir pulcēt dalībniekus no Ziemeļvalstīm un Baltijas valstīm, kuriem ir interese un praktiskā pieredze darbā ar bērzu audzēšanu, bērzu stādu ražošanu, mežkopību un bērzu mežaudžu apsaimniekošanu. Kopumā pasākumā piedalījās 50 dalībnieki no Zviedrijas, Somijas, Norvēģijas, Islandes, Latvijas un Igaunijas. No Latvijas piedalījās LVMI “Silava”, SIA “Latvijas Finieris mežs” un AS “Latvijas valsts meži” speciālisti.



a



b

47. att. Bērza pēcnācēju pārbaužu stādījums (a); bērza ietvarstādi kokaudzētavā (b). Foto: A. Meilerts.

Pasākuma programma ietvēra gan prezentācijas (valstu pārstāvju prezentācijas, pieaicināto uzņēmumu pārstāvju prezentācijas un doktorantu pētījumu pārskatus), gan arī lauka izmēģinājumu (eksperimentālo bērza stādījumu) apmeklējumus un diskusijas par bērza audzēšanas metožu uzlabošanu. Somijas zinātnieku sagatavotā programma tika fokusēta uz ģenētiski uzlabota bērza reproduktīvā materiāla ieguvī sēklu plantācijās, bērza stādīšanas metodēm un selekcijas programmu.

Semināra gaitā iezīmējās vairāki visām dalībvalstīm kopīgi izaicinājumi:

- bērza sēklu ražošana (stabilas un prognozējamās ražas sēklu plantācijās) joprojām ir liela problēma daudzās valstīs.
- bērza stādījumu aizsardzība pret meža dzīvnieku postījumiem ir aktuāla visās valstīs, kur tiek mēģināts intensificēt bērza atjaunošanu.

Neskatoties uz izaicinājumiem, interese par bērza audzēšanu reģiona valstīs pēdējos gados ir palielinājusies. Bērza stādmateriāla ražošanas apjomi Somijā pēdējos gados pieaug un ir sagaidāms, ka šī tendence saglabāsies arī nākotnē. Stādu ražotāji ir atteikušies no iepriekš plaši lietotajiem Lannen Plantek 25 konteineriem un šobrīd lielākoties izmanto BCC Plantek 64 konteinerus. Līdzšinējā intensitātē notiek darbs pie bērza reproduktīvā materiāla ģenētiskās kvalitātes uzlabošanas – regulāri notiek jau atlasīto pluskoku krustošana, pēcnācēju testēšana un labāko klonu atlase jaunu sēklu plantāciju ierīkošanai.

Zviedrijas un Somijas universitātēs ir pieaudzis disertāciju skaits, kurās tiek pētīti dažādi bērza un citu lapu koku audzēšanas aspekti. Tas ir milzīgs izrāviens valstīs, kurās

tradicionāli skuju koku meži ir uzskatīti par saimnieciski nozīmīgākiem nekā lapu koki. Lielā mērā attīstību nodrošina nozares uzņēmumu līdzfinansētu pētniecisku programmu uzsākšana. Piemēram, sadarbības projekts “Trees For Me”(https://treesforme.se/en/collaboration/).

Seminārs noslēdzās ar kopīgu atziņu, ka iesākto sadarbību nepieciešams turpināt, saglabājot iesaistīto dalībnieku kodolu un veidojot pieteikumu nākošajiem SNS tīklošanas pasākumiem.

Saite uz tīklošanās pasākuma mājas lapu:

<https://nordicforestresearch.org/blog/2022/11/21/anniversary-call-these-are-the-new-research-networks/>

Bērza audzēšanas prakses pilnveidošana – virzieni turpmākajiem pētījumiem

Lai sasniegtu mērķi – palielinātu ģenētiski uzlabota bērza reproduktīvā materiāla izmantošanu meža atjaunošanā un ieaudzēšanā, nepieciešams nodrošināt regulāras ražas bērza sēklu plantācijās. Sugas reproduktīvo mehānismu izpēte ir viens no galvenajiem virzieniem, lai sasniegtu progresu sēklu ražas kvalitātes, kvantitātes un regularitātes nodrošināšanā bērza sēklu plantācijās. Iespējamie pētnieciskie virzieni:

1. Bērzu gēna BpMADS4 aktivitāte (ekspresija) ir augsta bērzu ziedkopās. BpMADS4 gēna aktivitāte bija arī detektējama miera periodā un ziedēšanas laikā, kā arī lapās, dzinumos un saknēs. Izmantojot ĢMO metodes, pierādīts, ka palielinot bērzu gēna BpMADS4 aktivitāti, var veicināt ziedēšanu.

Iespējams pilota pētījums – sēklu plantācijā (vai citos izmēģinājumos), izvērtēt dažādu klonu ziedēšanas laikus. Ievākt paraugus no agrāk ziedošiem un vēlāk ziedošiem kloniem BpMADS4 gēna aktivitātes noteikšanai. Salīdzināt BpMADS4 gēna aktivitāti ar novēroto ziedēšanas laiku, ar hipotēzi, ka kloni, kuros ir augstāka BpMADS4 gēna aktivitāte, zied agrāk. Šo informāciju potenciāli varētu izmantot klonu atlasē selekcijas procesā, atlasot klonus ar ātrāku ziedēšanas laiku.

2. Pētījumi par āra bērza reprodukciju (ziedu aizmetņu veidošanos) ir vajadzīgi, lai pamatotu dažādu metožu pielietošanu sēklu ražu stimulēšanai bērzu sēklu plantācijās. Ir zināms par dažādām metodēm (ķīmiskām, mehāniskām u.c.), kuru pielietošana ir palīdzējusi stimulēt ziedu veidošanos bērzam, tomēr to pielietošana ne vienmēr ir rezultatīva, iztrūkstot pamat zināšanām par bērza reproduktīvo pumpuru veidošanai nepieciešamajiem apstākļiem.

3. Bērza sēklu plantāciju apsaimniekošanas prakses uzlabošana. Literatūras avotos aprakstītā Somijas bērza sēklu plantāciju apsaimniekošanas prakse ietver virkni agrotehnisko pasākumu, kuri līdz šim Latvijā nav veikti, vai veikti nepietiekošā apjomā. CO₂ koncentrācijas palielināšana ziedpumpuru veidošanas fāzē, mēslošana, vainagu veidošana, vides apstākļu un apgaismojuma kontrole ir pasākumu kopums, kurš vēl pilnībā nav ieviests un adaptēts Latvijas sēklu plantācijās.

Ģenētiskā daudzveidība ir viena no bioloģiskās daudzveidības sastāvdaļām. Meža atjaunošanai ir ietekme uz nākotnes meža adaptācijas spējām un ģenētisko daudzveidību. Arī attiecībā uz bērza mežaudžu atjaunošanu, jāņem vērā iespējamā ietekme uz ģenētisko daudzveidību. Jo īpaši – ņemot vērā līdzšinējo pieredzi par to, ka sēklu plantācijās ražojošos klonu skaits var būt neliels, kā arī mūsu pētījumā apstiprināto par dažādu klonu pēcnācēju atšķirīgo rezistenci. Iespējamie pētnieciskie virzieni bērzu kokaudžu atjaunošanas metošu ietekmes izvērtēšanai uz ģenētisko daudzveidību un adaptācijas spējām:

4. Bērzu sēšanas efektivitāte mežaudžu atjaunošanā. Pieredze par bērzu atjaunošanu ar sēšanu ir visai atšķirīga, tomēr ir apstiprinājumi, ka šī metode var būt ekonomiski efektīva (Willoughby et al., 2019). Mūsu apstākļos ļoti svarīgi ir nodrošināt, ka meži tiek atjaunoti ar ģenētiski augstvērtīgu materiālu, neatkarīgi no izvēlēta atjaunošanas veida. Mūsu pētījumā izmantoti DNS marķieri, lai analizētu mātes klonus un pēcnācējus, tādā veidā rekonstruējot ģimenes, un identificējot pēcnācējiem iespējamus vecākus. Līdzīgā veidā var izvērtēt sēšanas efektivitāti, analizējot sējeņus, kuri izauguši iesētās platībās, un tādā veidā identificējot kokus, kuri ir izauguši no plantācijā iegūtām sēklām un fona sēklām. Tas ļaus izvērtēt selekcionēto indivīdu īpatsvaru atjaunotās platībās, kā arī tiešā veidā noteikt ģenētisko daudzveidību un klonu līdzdalību plantācijas sēklu ražā.

5. Ģenētiskās daudzveidības novērtējums stādījumos, kuri ierīkoti ar kategorijas “uzlabots” sēklām no sēklu plantācijām Kalsnava 1 un Kalsnava 2. Šo stādījumu vecums jau pārsniedz desmit gadus un šobrīd ir iespēja novērtēt – cik no kokiem ir ar izcelsmi no sēklu

plantācijas, un kāda ir reālā dabiskās atjaunošanas proporcija. Zināms, ka bērza stādījumos mežā ļoti bieži notiek pašsēja un jaunaudžu kopšanas laikā ne vienmēr var atšķirt stādītos kokus, no pašsējas kokiem. Šāds pētījums ļaus ne vien izvērtēt stādīšanas ietekmi uz jaunaudzes ģenētisko daudzveidību, bet arī novērtēt reālo selekcijas efektu stādītajās bērza jaunaudzēs.

6. Āra bērza provenienču stādījumu ierīkošana un izvērtēšana. Mūsu pētījumā ierīkoti stādījumi ar Somijas, Lietuvas, Igaunijas un Latvijas izcelsmes bērziem ir ļoti vērtīgs materiāls, kurš ilgtermiņā ļaus ne vien izvērtēt dažādo izcelsmju produktivitāti un kvalitāti, bet arī sekot līdzi šo koku adaptācijai atšķirīgos audzēšanas reģionos. Lietuvas izcelsmes bērzu salīdzinoši labā augšana stādījumos Latvijā norāda uz nepieciešamību pārbaudīt arī citu (Zviedrijas, Polijas) izcelsmju bērzu augšanu Latvijā.

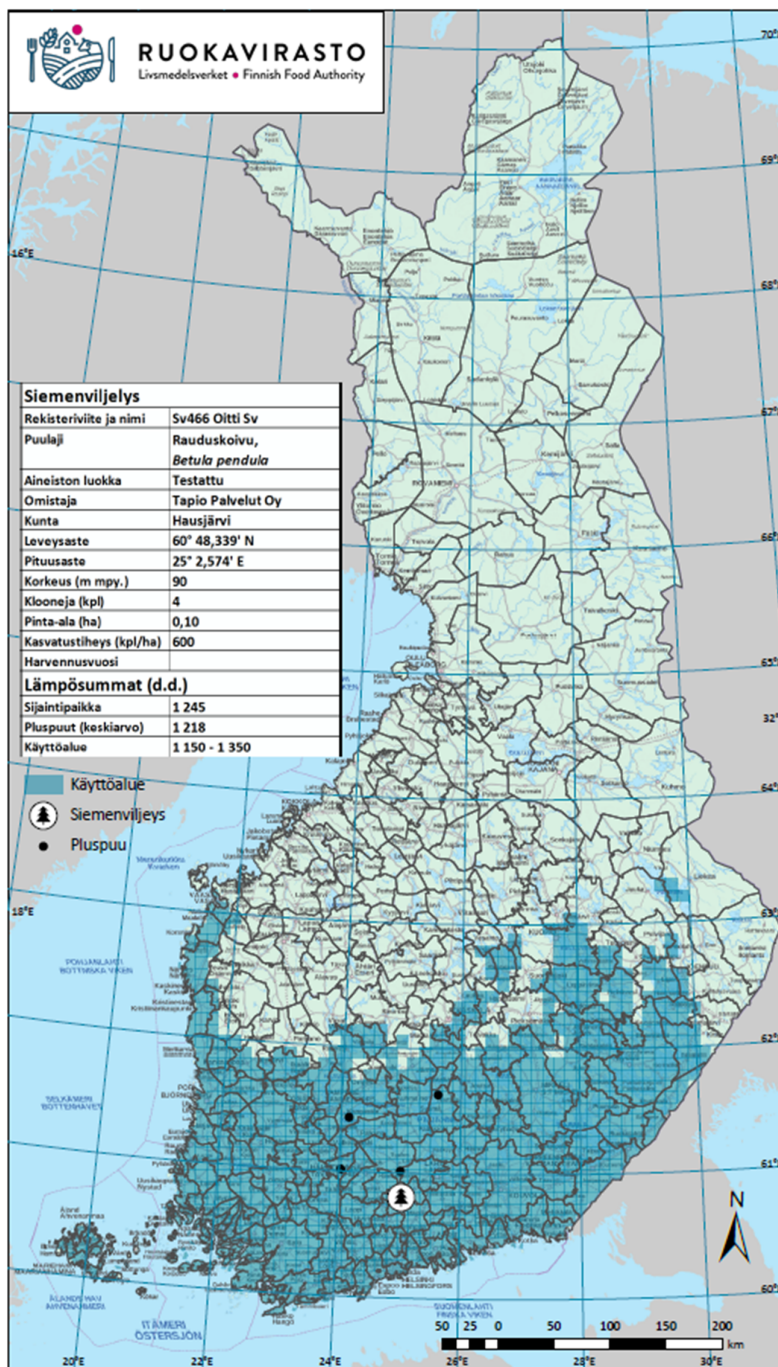
Pielikumi

Āra bērza sēklu izcelsmes reģioni Lietuvā

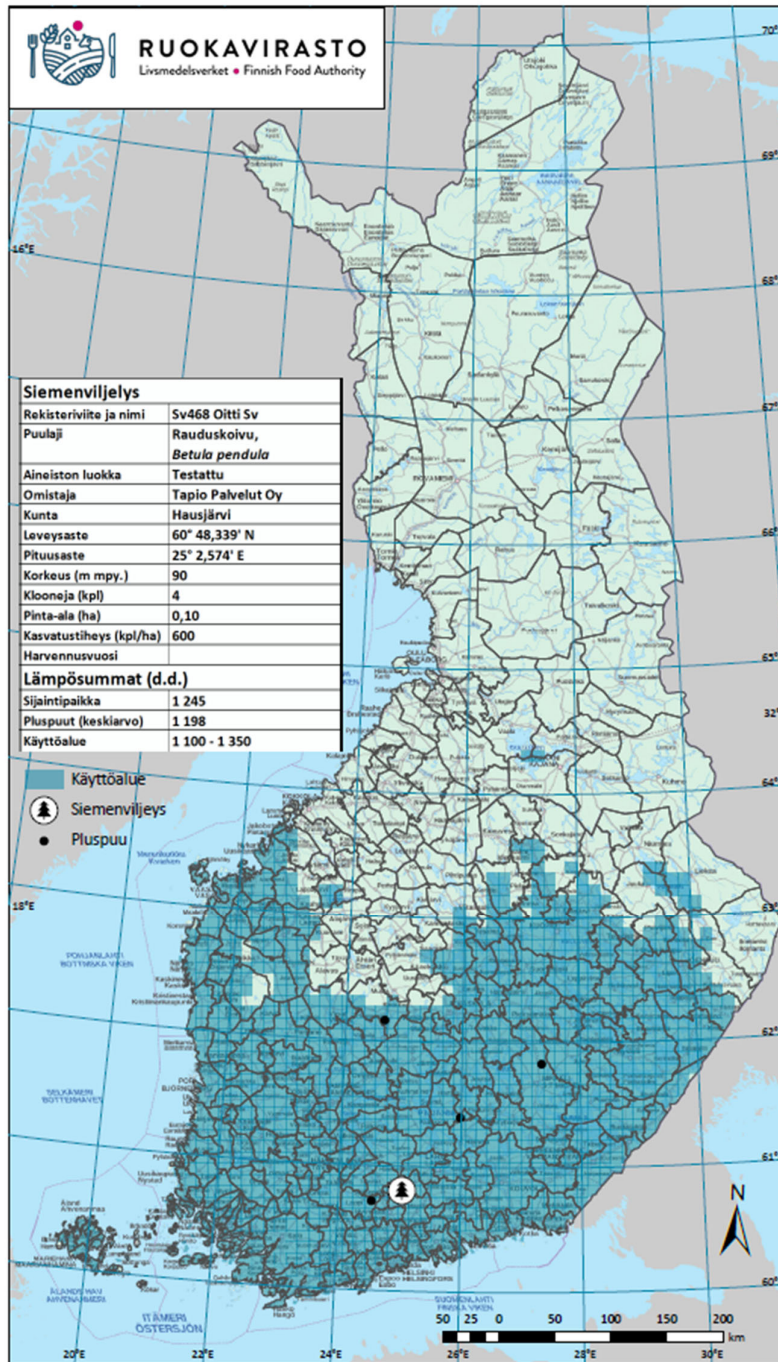
KARPOTOJO BERŽO KILMIŲ RAJONAI



Somijas izcelsmes sēklu (FI 466) rekomendētais izmantošanas reģions



Somijas izcelsmes sēklu (FI 468) rekomendētais izmantošanas reģions



Āra bērza provenienču eksperimentālais stādījums Ropažu pagastā – shēma

Rind												
	LVR	LVA	Fi-466	Fi-468	LVA	EE	Fi-466	BK-1	LVA	Fi-466		
	BK-2	EE	BK-1	LVR	EE	Fi-466	BK-1	Fi-468	BK-1	BK-1	EE	BK-2
	LVA	Fi-466	Fi-468	BK-2	Fi-466	BK-1	Fi-468	LVR	Fi-468	Fi-468	Fi-466	LVA
	EE	BK-1	LVR	LVA	BK-1	Fi-468	LVR	BK-2	LVR	LVA	BK-1	EE
	Fi-466	Fi-468	BK-2	EE	Fi-468	LVR	BK-2	LVA	BK-2	LVR	Fi-468	BK-1
	BK-1	BK-2	LVA	Fi-466	LVR	BK-2	LVA	EE	LVA	BK-2	LVR	BK-2
	Fi-468	LVR	EE	BK-1	BK-2	LVA	EE	Fi-466	EE	LVA		
	LVR	LVA	Fi-466	Fi-468	LVA	EE	Fi-466					
	BK-2	EE	BK-1	BK-2								



Koordinātes: 56.969078, 24.808629

Āra bērza provenienču eksperimentālais stādījums Rendas pagastā – shēma

LT BK1 32	LV Riet 31	Fi466 30	EE 29
LV Riet 28	Fi468 27	LV Austr 26	LT BK2 25
Fi466 24	LV Austr 23	EE 22	LV Riet 21
LV Riet 20	LT BK2 19	Fi468 18	LT BK1 17
LV Austr 16	Fi466 15	EE 14	LV Aust 13
LT BK2 12	LV Riet 11	Fi 468 10	LT BK1 9
Fi468 8	EE 7	LV Aust 6	Fi466 5
LV Riet 4	LT BK1 3	Fi468 2	LT BK2 1



Koordinātes: 57.069056, 22.329166

2022. gada vasarā apsekoto bojāto bērza jaunaudžu apraksts

Viesīte 303. kvapg. 244. kv. 8. nog. Ap. Biezs pamežs un aizzēlums. Auglīgs meža tips, ir svaigi izgāzušies koki.

Viesīte 301. kvapg. 126. kv. 19. nog. Datu bāzē Vr, reāli ļoti auglīgs, kūdraina augsne. Bērzs dabiskas izcelsmes.

Viesīte 301. kvapg. 146. kv. 21. nog. Ļoti auglīgs, daudz dabiskas izcelsmes bērzu. Ir izkrituši koki, bet kopējais koku skaits pietiekošs.

Vecumnieki 504. kvapg. 64. kv. 24. nog. Kp. Gāzti koki, kūdra, biezs aizzēlums. Svaigi izgāzti koki lūzuši augsnes līmenī.

Klīve (Garoza), 610. kvapg. 189. kv. 21. nog. Datu bāzē Dm, tomēr ļoti auglīgs meža tips, sastāvā melnalksnis. Daļa nogabala mitra. Ir noliekušies koki, visticamāk iepriekšējā ziemā noliekti ar sniegu. Ir svaigi izgāzti koki.

Klīve (Garoza), 610. kvapg. 108. kv. 4. nog. As Ļoti bieza jaunaudze, daudz dabiskas izcelsmes bērzu. Ir izkrituši koki.

Klīve (Garoza), 610. kvapg. 59. kv. 31. nog. Kp. Bieza jaunaudze, pēc sastāva kopšanas izdosies izveidot normālu jaunaudzi. Ir izkrituši koki.

Klīve (Garoza), 610. kvapg. 60. kv. 5. nog. As. Jaunaudze šaurā joslā grāvja malā. Ir krituši koki, tomēr kopējais paliekošo koku skaits pietiekošs. Sastāvā melnalksnis, egle.

Klīve (Jaunpēternieki), 609. kvapg. 295. kv. 22. nog. Db. Ļoti biezs aizzēlums, niedres utt. Ļoti daudz dabisko (purva bērzu). Dabiskas izcelsmes melnalksnis aug ļoti labi.

Klīve (Kalnciems), 609. kvapg. 91. kv. 2. nog. 3. apakšnog. Dms. Ļoti mitrs nogabals, šobrīd visur virsūdeņi. Bērza nav daudz, tomēr dabiskais melnalksnis jūtas lieliski.

Klīve (Kalnciems), 609. kvapg. 25. kv. 4. nog. Nd. Atbilst meža tipam. Dabiski atjaunojies ar melnalksni, egli. Stādīto bērzu maz.

Klīve (Kalnciems), 609. kvapg. 25. kv. 6. nog. Nd. Atbilst meža tipam. Dabiski atjaunojies ar melnalksni, egli. Stādīto bērzu maz.

Engure (Milzkane), 601. kvapg. 530. kv. 21. nog. Dm. Apmežota lauksaimniecības zeme (mežmala). Izkrituši koki nav konstatēti.

Strenči (Seda), 102. kvapg. 314. kv. 45. nog. 1. apakšnogabals. As. Smilts augsne, nogabals piekļaujas grāvim. Grāvja tuvumā daži izgāzti bērzi. Kopumā veiksmīgs bērza stādījums.

Strenči (Cirgaļi), 103. kvapg. 108. kv. 14. nog. As. Kopumā labs stādījums, tomēr daļa nogabala pazeminājumā blakus aizaugušam grāvim. Šī nogabala daļa reta, koki varētu būt izslīkuši.

Strenči (Cirgaļi), 103. kvapg. 214. kv. 5. nog. 1. apakšnog. Dm. Neatbilst meža tipam. Mitra platība, blakus grāvis, bieza veģetācija. Ir izgāzti bērzi, tomēr kopumā normālas kvalitātes stādījums.

Strenči (Cirgaļi), 103. kvapg. 320. kv. 7. nog. Ks. Mitra platība, augsts gruntsūdens. Dabiskas izcelsmes bērzi, sastāvā daudz purva bērzs.

Strenči (Cirgaļi), 103. kvapg. 496. kv. 4. nog. As. Neviendabīgs nogabals, sastāvā egle. Nogabalu šķērso nesen rekonstruēts grāvis. Kopumā kvalitatīva jaunaudze.

Sikšņi (Vidaga), 105. kvapg. 478. kv. 1. nog. Vr. Nogabals ceļa (grāvja malā). Ļoti labas kvalitātes bērzu stādījums, atsevišķi izkrituši koki.

Silva (Mēri), 104. kvapg. 191. kv. 15. nog. Kp. Slapjš nogabals, slikti funkcionējošs, aizrūdzis grāvis. Nesen veikta sastāva kopšana. Sastāvā egle, bērzs, melnalksnis. Stādīto bērzu saglabāšanās slikta, tomēr kopumā nogabalā kopējais koku skaits atbilstošs.

Svente (Kumbuļi), 313. kvapg. 32. kv. 16. nog. Vr. Nogabala vidū grāvis (tērcē). Pamežs biezs (lazdas), ļoti labs, kvalitatīvs bērza stādījums. Atsevišķi izkrituši koki jaunaudzes kvalitāti nemazina.

Svente, 312. kvapg. 100. kv. 33. nog. Dm. Nogabals pakalna nogāzē, lejas daļā bebru uzpludinājums. Tā tuvumā bebru nogāzti koki. Stādījums kopumā labs.

Svente, 312. kvapg. 301. kv. 23. nog. Dm. Nogabals strauta malā, ļoti neliels (0,2 ha). Strautā bebru aktivitātes – neliels aizsprosts, graužti koki. No visām pusēm pieauguša meža ieskautajā nogabalā koki izstīdzējuši, sniega noliekti. Šādās vietās jāizvairās no bērza stādīšanas.

Svente, 312. kvapg. 333. kv. 53. nog. Vr. Bērza stādījums bijusī lauksaimniecības zeme. Smaga augsne – nogabala vidū paaugstinājumā krājas ūdens, blakus dabiskas izcelsmes melnalkšņi. Atsevišķi bojā gājuši bērzi, stādījums kopumā labs.

Svente (Ilūkste), 312. kvapg. 49. kv. 5. nog. Dm. Labs bērzu stādījums, bojā gājušie koki uz robežas ar blakus nogabalu, kurš atrodas pazeminājumā (dumbrājs).

Svente (Ilūkste), 312. kvapg. 15. kv. 18-1. nog. Ap. Bērzi izskatās dabiskas izcelsmes – neregulārs izvietojums, dažādas koku dimensijas. Meža tips – iespējams As.

Svente (Ilūkste), 312. kvapg. 24. kv. 12. nog. Dm. Sastāvā daudz dabiskas izcelsmes priedes. Atrodas liela grāvja malā – tur arī lokalizēti bojātie koki.

Preiļi (Mežvidi), 302. kvapg. 187. kv. 17. nog. As. Kopumā stādījums labs, grāvis funkcionē labi, atsevišķi izkrituši koki.

Līvberze, 608. kvapg. 28. kv. 10. nog. As. Auglīga, spēcīgi aizzēlusi platība. Bērzus nogāzuši bebri, raksturīgie sakņu kakla bojājumi netika konstatēti. Ja neskaita nogabala teritoriju grāvja tuvumā, labs stādījums.

Grobiņa (Dubeņi), 209. kvapg. 191. kv. 22-1. (29-1). nog. As. Biezs aizzēlums. Visspēcīgāk bojātais nogabals no redzētajiem. Grāvja tuvumā vairāk nekā desmit izgāzti koki. Neskatoties uz postījumiem, paliekošo koku skaits pietiekošs labas kvalitātes bērza jaunaudzes izveidei.

Apriķi (Kalvene), 204. kvapg. 341. kv. 17. nog. Vr. Labas kvalitātes bērzu stādījums.

Apriķi (Pelči), 204. kvapg. 312. kv. 6. un 7-1. nog. Vr. Smaga augsne, spēcīgs aizzēlums, piekļaujas dziļam grāvim. Bieza bērzu jaunaudze, daudz dabiskas izcelsmes koku.

Apriķi (Valtaiķi), 205. kvapg. 176. kv. 27. nog. Dm. Nogabals piekļaujas grāvim. Gar grāvi daži izgāzušies koki. Kopumā labs stādījums.

Tērvete (Zaļenieki), 607. kvapg. 251. kv. 14. nog. Gr. Lielisks bērza stādījums, grāvja tuvumā daži izkrituši koki.

Tērvete (Zaļenieki), 611. kvapg. 142. kv. 8. nog. Dm. Nogabals piekļaujas ceļam (grāvim). Nesen veikta sastāva kopšana. Labas kvalitātes bērza stādījums.

Bērza sēklu plantācijas pasportizācijā izmantotie mikrosatelītu marķieri

Marķieris	F praimera sekvence	R praimera sekvence	Atkārtojums	Iezīme
L7.8	GGCCAACAGATATAAAACGACG	TTTTAAATGCCACCTTCCC	(CT) _n GC(AATG) ₂	FAM
L7.4	TGAAACGAACGGAAGAGTTG	ATACGCCAGACTTTCATCCG	(GA) ₇	HEX
L1.10	ACGCTTTCTTGATGTCAGCC	TCACCAAGTTCCTGGTGGAT	(GA) ₄ AA(GA) ₁₀	NED
L5.1	TCATATTAGGGGAAATATGAGAAACTC	GTAGTGGACGGAAGCTCTGG	(CT) ₆	FAM
L3.1	CTCCTTAGCTGGCACGGAC	CCCTTCTTCATAAAACCCTCAA	(CT) ₃ CC(CT) ₂ CC(CT) ₁₃ AT(CT) ₅	HEX
L2.7	CCGCCGTAACACTAAACC	GAGGGAAGAAAATTCAACGG	(TC) ₈ (TA) ₈ (TG) ₁ ,TT(TG) ₃	NED
L4.4	TTGAGATAGACGATAGAGGTAAAGCA	AGGCATTTCTCCAATTTTCTT	(AG) ₁₇	FAM
L2.3	CAGTGTTTGGACGGTGAGAA	CGGGTGAAGTAGACGGAAC	(AG) ₁₆	HEX
L2.2*	AGACCATGCCTGGGCCTT	CGCAACAAAACACGATGAGA	(TC) ₈ (TTTC) ₂	NED
L3.4	AACCCTCGTTTGGCTACTGA	GAACAGTTACTAGTCAAACCTGAAAACC	(GTAT) ₃ (GT) ₅	FAM
L7.3	GGGGATCCAGTAAGCGGTAT	CACACGAGAGATAGAGTAACGGAA	(GT) ₃ ,8(GA) _U	HEX
L5.4	AAGGGCACCTGCAGATTAGA	AAAATTGCAACAAAACGTGC	(TC) [^]	FAM
L022	AACGGACAAATTCACGGGTA	GGAGTTCATGGATTGGAGGA	(CT) ₁₈	HEX
L13.1	CACCACCACAACCACCATTA	AACACCCTTTGCAACAATGA	(CA) ₃ (GA) ₁₄	NED

* – Markieris L2.2 amplificē 2 lokusus, tāpēc kopumā tika genotipēti 15 lokusi.

Klons	Reģions	L7.8	L7.4	L1.10	L5.1	L3.1	L2.7	L4.4	L2.3	L2.2a	L2.2b	L3.4	L7.3	L5.4	L022	L13.1															
Āb 17	Austrumu	300	306	0	0	179	187	305	305	232	232	171	181	269	269	199	199	138	140	162	162	264	264	192	202	245	253	179	199	103	111
Āb 18	Austrumu	298	298	248	248	195	195	305	330	232	232	163	183	262	269	222	222	138	140	162	164	250	264	192	202	245	253	181	189	103	105
Āb 24	Austrumu	294	302	246	246	183	189	303	328	230	232	177	193	269	276	216	218	138	142	164	164	264	264	200	202	241	245	189	193	97	103
Āb 27	Austrumu	294	306	0	0	189	189	305	305	228	234	183	200	255	265	199	199	142	142	164	164	264	264	192	200	241	245	171	177	95	103
Āb 29	Austrumu	294	304	250	250	181	189	305	330	226	232	163	183	251	269	199	199	140	142	164	164	264	264	192	206	245	245	173	175	105	105
Ces 34	Austrumu	306	308	232	248	181	185	305	305	228	234	183	185	276	276	199	199	142	142	164	164	252	264	200	200	243	276	177	191	101	101
Ces 44	Austrumu	304	306	232	246	181	191	303	303	230	232	161	167	0	0	0	0	0	0	0	0	264	264	192	202	241	255	191	193	99	103
Dau 31	Austrumu	296	306	246	248	191	200	305	330	230	232	165	183	260	260	199	199	140	140	162	162	266	279	200	202	245	264	185	193	105	111
Dau 6	Austrumu	300	300	248	248	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199	199	0	0	0	0	252	252	200	202	241	245	0	0	0	0
Dau 7	Austrumu	294	300	248	248	185	200	303	303	232	232	163	167	269	269	210	220	138	140	162	164	252	279	200	200	241	243	177	177	105	109
Gau 4	Austrumu	294	308	246	246	191	195	303	330	230	230	157	198	0	0	0	0	0	0	0	0	264	272	222	222	255	255	173	177	111	111
Kok 12	Austrumu	276	304	246	246	181	189	305	324	214	234	177	200	260	260	199	199	140	144	162	164	250	268	200	200	241	243	177	191	111	115
Limb 18/84	Austrumu	300	300	230	246	181	185	305	305	226	232	177	183	264	264	0	0	140	140	164	164	264	268	192	200	243	243	189	189	105	105
Med 4	Austrumu	298	306	232	246	185	187	305	324	226	232	163	167	265	274	220	220	140	142	164	164	264	266	200	200	245	255	181	189	103	105
Sun 13	Austrumu	298	308	0	0	191	218	305	307	228	234	167	167	269	269	199	199	142	142	164	164	264	266	200	200	245	255	191	191	85	97
Sun 15	Austrumu	302	306	246	246	187	189	305	328	226	230	177	183	260	276	199	199	138	142	164	164	266	266	200	202	241	258	189	197	103	107
Sun 95-10	Austrumu	300	306	248	248	189	208	303	305	232	234	165	183	265	269	210	224	138	142	164	164	264	264	200	222	241	255	181	189	105	111
Sun 95-22	Austrumu	300	306	236	248	181	183	305	305	232	232	171	183	269	271	199	199	140	142	160	164	264	266	200	202	245	255	175	183	99	105
Sun 95-8	Austrumu	296	304	0	0	206	208	303	303	232	232	163	167	0	0	199	224	142	142	164	164	264	266	200	224	241	245	175	175	105	111
Sv 26	Austrumu	306	306	246	246	189	208	305	305	226	230	171	183	255	269	199	212	140	142	164	164	252	254	192	200	241	253	179	197	105	111
Sv 95-3	Austrumu	300	306	0	0	193	198	303	303	232	232	165	167	0	0	199	199	140	144	164	164	264	264	200	200	243	255	185	191	111	111
Sv 95-7	Austrumu	300	302	230	248	181	185	305	305	226	226	183	191	251	251	199	199	140	146	162	164	227	264	192	200	241	245	185	191	101	115
Vi 2	Austrumu	300	308	0	0	187	200	305	305	226	228	157	198	0	0	0	0	0	0	0	0	266	266	192	200	241	245	189	197	101	105
Vi 6	Austrumu	300	300	248	248	181	195	303	303	226	232	185	200	269	269	199	199	140	144	164	164	264	264	200	202	241	245	177	197	85	103
Zil 1	Austrumu	298	300	246	248	181	198	305	305	232	232	163	167	255	269	199	199	142	142	164	164	264	266	200	202	241	241	175	179	105	105
And 95-23	Rietumu	300	310	248	248	183	185	305	305	234	234	163	167	269	269	0	0	142	142	164	164	264	264	202	204	243	255	175	187	101	111
And 95-38	Rietumu	300	306	248	248	189	189	305	324	232	232	181	183	255	284	199	199	138	142	164	164	264	268	192	200	241	243	177	191	111	111
And 95-44	Rietumu	296	308	248	248	183	212	305	324	232	234	165	181	265	265	199	199	140	142	164	164	254	264	200	202	241	245	189	199	111	111
Bau 40-13	Rietumu	300	306	248	250	185	200	303	305	228	230	167	185	280	280	199	210	138	140	164	164	250	266	192	200	253	255	175	189	101	111
Bau 40-14	Rietumu	294	308	246	246	181	200	0	0	228	230	163	185	269	280	199	199	140	140	164	164	264	264	202	206	253	255	175	191	101	111
Bau 40-19	Rietumu	294	306	248	248	185	200	300	305	226	238	183	185	260	269	199	199	140	140	164	164	264	264	192	204	241	253	183	187	101	111
Bau 40-25	Rietumu	298	310	246	248	181	198	303	328	228	234	161	165	260	260	199	210	140	142	162	164	252	252	192	200	249	259	177	179	103	105
Bau 40-27	Rietumu	302	312	246	246	189	200	303	303	230	232	167	171	269	269	199	199	140	142	164	164	264	266	202	202	241	266	187	189	105	111
Bau 40-28	Rietumu	294	300	230	230	189	198	305	330	214	232	173	183	262	271	199	199	140	146	164	164	250	266	192	202	241	245	177	189	101	103
Īle 10	Rietumu	304	306	246	246	181	196	0	0	0	0	0	0	269	271	0	0	144	146	164	164	252	252	192	208	251	255	173	181	105	111
Īle 26	Rietumu	298	308	232	232	181	181	303	330	228	230	163	183	262	269	0	0	140	142	164	164	227	252	200	202	264	264	175	177	103	105
Īle 27	Rietumu	298	300	248	250	183	187	305	324	232	232	0	0	269	269	199	224	142	144	164	164	266	276	190	200	241	255	181	199	103	111
Īle 3	Rietumu	308	308	246	246	187	191	305	305	232	234	163	163	264	269	199	222	140	142	160	164	264	266	192	200	241	245	187	189	95	105
Īle 7	Rietumu	298	308	246	246	181	189	303	330	226	230	163	171	271	271	212	212	140	142	164	164	266	276	192	192	247	255	181	193	95	103
Pr 11	Rietumu	300	300	246	246	181	191	303	303	230	232	183	183	274	278	199	199	140	140	164	164	264	264	200	200	255	255	171	183	105	105
Pr 12	Rietumu	300	306	230	248	181	183	303	303	232	232	193	200	265	265	199	210	138	140	164	164	264	264	192	200	241	241	177	191	111	113
Pr 13	Rietumu	283	300	232	246	191	198	305	305	232	234	163	185	265	265	202	202	140	142	164	164	250	276	192	200	241	255	177	191	103	103
Pr 2	Rietumu	300	306	248	248	177	195	305	305	234	234	163	183	280	282	199	199	140	142	164	164	252	276	200	200	241	247	177	183	95	105
Pr 29	Rietumu	300	308	0	0	181	189	305	335	228	232	163	167	269	278	199	199	140	142	164	164	264	264	192	200	243	262	173	183	105	109
Pr 32	Rietumu	300	308	246	248	181	183	303	303	232	234	163	185	271	271	199	210	138	140	164	164	252	272	192	200	241	249	189	193	97	105
Pr 33	Rietumu	300	300	246	250	181	185	303	326	228	232	163	179	0	0	199	212	138	140	164	164	268	276	200	208	241	249	179	189	99	115
Pr 44	Rietumu	294	298	246	246	181	181	0	0	0	0	0	0	269	269	0	0	140	146	164	164	254	266	192	200	241	245	177	189	105	111
Pr 49	Rietumu	0	0	0	0																										