



IV ETAPA ZIŅOJUMS

PAR AS LATVIJAS VALSTS MEŽI UN AS LATVIJAS FINIERIS PASŪTĪTO
PĒTĪJUMU

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: **Bērza audzēšanas prakses pilnveidošana**

LĪGUMA NR.: 5-5.5_002v_101_18_63
IZPILDES LAIKS: 17.09.2018 – 20.12.2023

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

PROJEKTA VADĪTĀJS: KASPARS LIEPIŅŠ

Salaspils, 2021

Saturs

Kopsavilkums	3
Abstract	4
Āra bērza stādījumu ierīkošanas tehnoloģiju pilnveidošana.....	5
Dažādu izcelsmju bērza stādmateriāla augšanas gaitas un vitalitātes monitorings eksperimentālajos stādījumos rietumu un austrumu reģionos	9
Bora koncentrācijas augsnē ietekmi uz bērza augšanu ierīkotos stādījumos.....	12
Koku bojāejas iemeslu izpēte stādītās bērza jaunaudzēs	14
Bērzu stādu fitosanitārais stāvoklis AS “Latvijas valsts meži” un AS “Latvijas Finieris” kokaudzētavās	21
Bērza ģenētikas pētījumi.....	29
Literatūras saraksts.....	34

Kopsavilkums

Liepiņš, K., Burņeviča, N., Silbauma, L., Ruņģis, D. (2021) Bērza audzēšanas prakses pilnveidošana. Pētījuma pārskats. LVMI Silava, Salaspils: lpp 35.

Šī gada pavasarī atkārtoti apsekoti 2017. gada rudenī Vidusdaugavas un Ziemeļkurzemes reģionos ierīkotie stādījumi, kuros izmantoti trīsgadīgi bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu, kas kokaudzētavā audzēti pēc sistēmas 1+2 (1/2 IS stādi). Koku saglabāšanās pēc četrām veģetācijas sezonām stādījumos ir ļoti atšķirīga. Vien dažos objektos uzskaitīto koku skaits pārsniedz 1500 koki/ha, bet vairumā pārējo stādījumu tas ir ap 1000 koki/ha. Lielākajā daļā stādījumu bojā gājuši aptuveni puse stādīto koku. Tas liek noraidīt vienu no sākotnējiem pieņēmumiem, ka liela izmēra stādu izmantošana ļaus samazināt atjaunošanas izmaksas, jo, dēļ augstās saglabāšanās, varēs uz platības vienības stādīt mazāk koku. 1/2 IS stādu izmantošana ir veids, kā nodrošināt atjaunošanu ar ģenētiski augstvērtīgu reproduktīvo materiālu auglīgos izcirtumos, kuros veidojas spēcīgs aizzēlums, tomēr lielo stādu izmantošana negrantē labus rezultātus, ja savlaicīgi netiek veiktas jaunaudzū kopšanas.

Reaģējot uz ziņojumiem par bērzu bojāeju stādījumos Līvberzes iecirknī, veikta sakņu sistēmas izpēte 12 kokiem četrās audzēs. Izpēte neatklāja sakņu deformācijas pazīmes, kas varētu liecināt par koku augšanas problēmām, kuras izraisījuši nekvalitatīva stādīšana vai slikti attīstīta stādu sakņu sistēma. Stādītajās bērzu audzēs pie sakņu kakla lūzušo koku sakņu sistēma ir vesela un labi attīstīta. Visdrīzāk koku bojāeju izraisījuši graužēju (ūdens strupastes jeb ūdenszūrkas) bojājumi. Nākošajā pētījuma etapā turpināsies darbs pie sēņu sugu noteikšanas no bojātajiem kokiem ievāktajos koksnes paraugos.

Pavasarī apsekotas AS “Latvijas Finieris” un AS “Latvijas valsts meži” kokaudzētavas, lai novērtētu bērza stādmateriāla bojājumu intensitāti un atkārtoti ievāktu simptomātisko stādu paraugus patogēno sēņu identificēšanai. Simptomātisko stādu analīzes veiktas LVMI Silava un Somijas dabas resursu institūtā. LVMI Silava 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: siltums; mitrums, stādu vitalitāte. Slimību uzliesmojumu cikliskums var būt saistīts ar globālā klimata izmaiņām, kas rada arī papildu stresu bērzu stādiem. Turpmākajos pētījumos nepieciešams noskaidrot *D. betulina* un *Dydimella* sp. 24 bioloģiju, kā arī pārbaudīt to jutību pret dažādiem fungicīdiem.

Abstract

Liepiņš, K., Burņeviča, N., Silbauma, L., Ruņģis, D. (2021) Improvement of silviculture practices in birch. Project report. LSFRI Silava, Salaspils: pp 35.

In year 2017 birch plantations were established using 3-years old plug+2 birch saplings in LSF Vidusdaugava and Ziemeļkurzeme regions to test the possible pros and cons of using large size birch planting stock in afforestation. Our findings approved that 3-years old birch saplings can be used to establish plantations on fertile sites, however, weed control in first two years is still necessary to achieve good growth and survival of planted birch.

In response to reports on dieback of separate planted birch trees in several sites in Līvberze district, root system of 12 trees were excavated and explored to discover possible reasons. Our findings did not approve the initial suspicions that felling out of birch trunks is caused by damaged or misshaped root system caused by poor seedling quality or careless planting. Most obvious agent for damaged root collar of separate trees is European water vole (*Arvicola amphibius*) causing girdling of young trees.

Monitoring of pathogenic organisms in forest tree nurseries growing birch planting stock was continued in year 2021. Analysis of symptomatic birch seedlings was performed in LSFRI Silava and LUKE in Finland. At least three fungus deceases were identified that can be involved in shoot dieback and stem lesions of birch seedlings (*Discula betulina*, *Dydimella* sp. 24 and *Fusarium avenaceum*). Since these species are not highly pathogenic, most likely the meteorological factors are those inducing cyclical outbreaks of deceases in nurseries.

Āra bērza stādījumu ierīkošanas tehnoloģiju pilnveidošana

Liela izmēra stādu izmantošana bērza atjaunošanā

Materiāls un metodes

2017. gada rudenī Vidusdaugavas un Ziemeļkurzemes reģionos ierīkoti stādījumi, kuros izmantoti trīsgadīgi bērza stādi ar uzlabotu sakņu sistēmu, kas kokaudzētavā audzēti pēc sistēmas 1+2 (turpmāk -1/2 IS stādi).

Mūsu pētījuma ietvaros 2019. gada vasarā inventarizēti vairāk nekā 20 no minētajiem stādījumiem, kuros novērtēta atjaunošanas kvalitāte un stādīto koku augšanas rādītāji. Ja bērzs stādīts vairākos pieguļošos nogabalos, visi nogabali uzskaitīti kā viens pētījuma objekts. Pārskata tekstā un grafiskajos attēlos objekti numurēti un nosaukti atbilstoši tuvākās apdzīvotās vietas vietvārdam (Tabula 1). 2021. gada pavasarī inventarizētie stādījumi apsekoti vēlreiz. Katrā no objektiem stādīto koku skaits un augstums novērtēts četros līdz sešos 200 m² apļveida parauglaukumos.

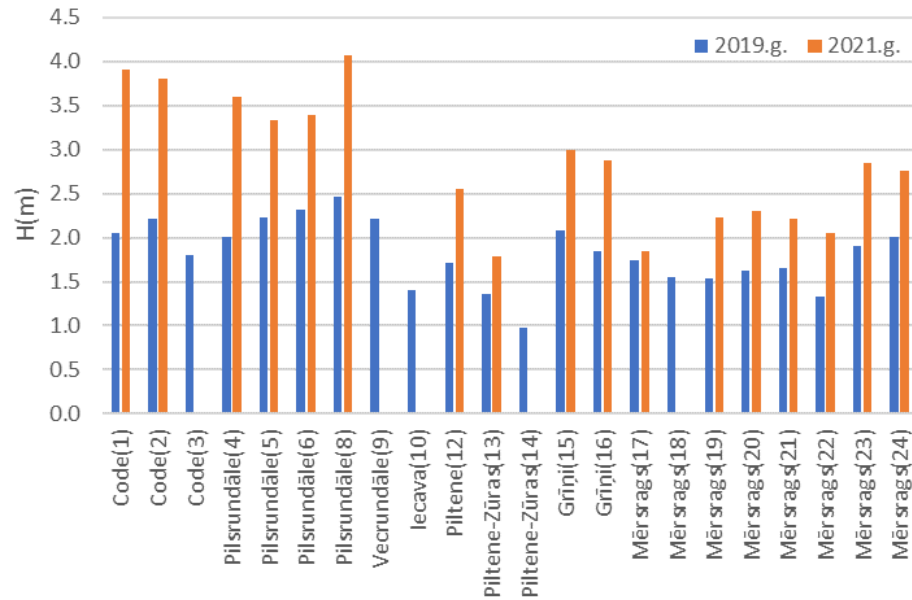
Tabula 1

Apsektie bērza stādījumi Vidusdaugavas un Ziemeļkurzemes reģionos

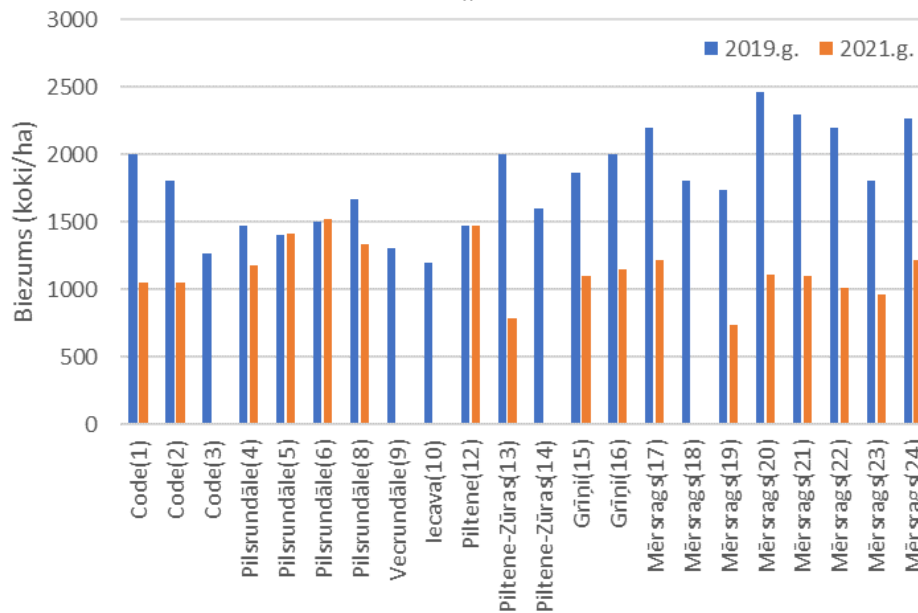
Pētījuma objekta nosaukums	LVM nogabalu informācija
Code(1)	509.kv.apg.47.kv.9., 11.nog.
Code(2)	509.kv.apg.46.kv.15.nog.
Code(3)	509.kv.apg.27.kv.5.,7.,9.nog.
Pilsrundāle(4)	509.kv.apg.207.kv.1.,2.,3.nog.
Pilsrundāle(5)	509.kv.apg.221.kv.3.,4.,9.,10.nog.
Pilsrundāle(6)	509.kv.apg.221.kv.22.nog.
Pilsrundāle(8)	509.kv.apg.235.kv.11.,13.,17.nog.
Vecrundāle(9)	509.kv.apg.279.kv.3.nog.
Iecava(10)	508.kv.apg.430.kv.4.nog.
Piltene(12)	710.kv.apg.290.kv.2.nog.
Piltene-Zūras(13)	709.kv.apg.183.kv.1.nog.
Piltene-Zūras(14)	709.kv.apg.193.kv.45.nog.
Grīņi(15)	702.kv.apg.165.kv.5.nog.
Grīņi(16)	702.kv.apg.165.kv.10.nog.
Mērsrags(17)	707.kv.apg.366.kv.14.nog.
Mērsrags(18)	707.kv.apg.376.kv.15.nog.
Mērsrags(19)	712.kv.apg.125.kv.23.nog.
Mērsrags(20)	712.kv.apg.79.kv.2.nog.
Mērsrags(21)	712.kv.apg.10.kv.21.nog.
Mērsrags(22)	712.kv.apg.211.kv.15.nog.
Mērsrags(23)	712.kv.apg.279.kv.4.nog.
Mērsrags(24)	712.kv.apg.288.kv.35.nog.

Rezultāti

Vairākos no 2017.gadā inventarizētajiem stādījumiem 2021. gada pavasarī veiktajā apsekošanā stādīto koku saglabāšanās bija ļoti slikta. Četros objektos konstatēts, ka stādītie koki saglabājušies vien nelielās grupās vai pilnībā iznīkuši. Šajos objektos koku augstums un stādījuma biežums atkārtoti netika mērīts.



a



b

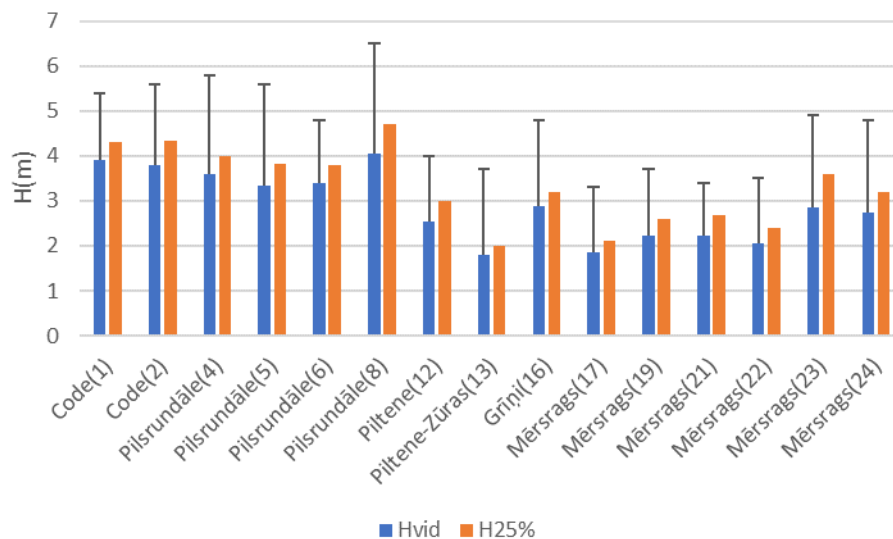
1. att. 2019. un 2021. gada apsekošanas rezultāti bērza stādījumos; koku augstumi (a) un saglabāšanās (b).

Vien dažos no apsekotajiem stādījumiem koku skaits pusotras sezonas laikā ir saglabājies tāds pats vai nebūtiski samazinājies, salīdzinājumā ar pirmo uzmērīšanas reizi (1. att.). Daudzos objektos koku skaits samazinājies uz pusi. Atšķirībā no pirmās inventarizācijas, šogad netika konstatēts, ka stādītie bērzi iznīkuši vai slikti auguši dēļ novēlotas jaunaudzū kopšanas. Galvenais koku iznīkšanas iemesls – dzīvnieku bojājumi un augšanas stagnācija.

Lai arī dzīvnieku bojājumi novēroti praktiski visos stādījumos, tomēr ne vienmēr tos var uzskatīt par galvenajiem neizdošanās iemesliem. Ja bērzs pēc iestādīšanas labi apsakņojas un uzsāk dinamisku augšanu, dzīvnieku bojājumi (galotnes un sānzaru apkodumi) aizkavē koka augšanu, tomēr bērzs pietiekoši labi atjauno dzinumus un dažu gadu laikā sasniedz augstumu, kad dzīvnieku bojājumu risks kļūst nebūtisks. Tomēr, ja pēc iestādīšanas koki vairākus gadus aug vāji, regulāri apkodumi faktiski pilnībā nobremzē to augšanu un koki agri vai vēlū tiek nomākti un iet bojā.

Vairāki no apsekotajiem stādījumiem ierīkoti meliorētās augsnēs, kur zem kūdras slāņa ir mazauglīga smilts (As, Ks meža tipi). Šajos meža tipos, kuri vairāk atbilst priedes audzēšanai, bērzs aug vāji. Ciešot no regulāriem pārnadžu apkodumiem, koku augšana stagnē un gadu no gada samazinās stādīto koku skaits.

Lai arī stādījumos izmantoti lielie 1/2 IS bērza stādi, tomēr koku saglabāšanās pēc četrām veģetācijas sezonām daudzos gadījumos ir neapmierinoša. Vien dažos objektos uzskaitīto koku skaits pārsniedz 1500 koki/ha, bet vairumā pārējo stādījumu tas ir ap 1000 kokiem/ha. Lielākajā daļā stādījumu bojā gājuši aptuveni puse stādīto koku. Tas liek noraidīt vienu no sākotnējiem pieņēmumiem, ka liela izmēra stādu izmantošana ļaus samazināt atjaunošanas izmaksas, jo labā saglabāšanās ļaus stādīt mazāk kokus uz platības vienības.



2. att. Koku augstumi stādījumos pēc ceturtās augšanas sezonas (2021.g. pavasaris); Hvid – vidējais koku augstums, H25% - lielāko koku (25%) augstums. Izklīdes rādītājs – maksimālais uzmērītais koka augstums stādījumā.

Kopumā labākus augstuma pieaugumus veidojuši Vidusdaugavā stādītie bērzi. Lielākā daļa šo stādījumu atrodas Bauskas rajona auglīgā Zemgales līdzenuma daļā. Lai

arī pirmajā apsekošanā nācās konstatēt, ka vairākos stādījumos ir nokavēta jaunaudžu kopšana, tomēr 2021. gad apsekošanā šie stādījumi lielākoties bija labā stāvoklī. Pēc trešās augšanas sezonas vidējais koku garums Vidusdaugavas reģiona stādījumos ir gandrīz 4 m. Ņemot vērā to, ka daļa uzmērīto koku dažādu iemeslu dēļ bija izteikti atpalikuši augšanā, objektīvāku priekšstatu par 1/2 IS stādu augšanu var sniegt dominējošo koku augstums (labākie 25% koki). Dominējošo koku augstums stādījumos Vidusdaugavā pārsniedz 4 m, bet maksimālais uzmērītais koku augstums pārsniedz 6 m.

Četros no Ziemeļkurzemē ierīkotajiem stādījumiem vidējais koku augstums nedaudz pārsniedz 3 m, bet pārējos tas ir vien mazliet lielāks nekā 2 m. Ņemot vērā LVM speciālistu teikto, ka, stādīšanas brīdī 1/2 IS stādu garums jau ir bijis 1,5...2m, tad šāds iznākums pēc četru sezonu augšanas jāuzskata par neveiksmi.

Pētījumā nav iespējams identiskos apstākļos salīdzināt 1/1 un 1/2 IS stādu augšanas rādītājus, un viennozīmīgi novērtēt lielāko stādu izmantošanas priekšrocības, salīdzinājumā ar ierasto stādmateriālu. Bērzu augšana stādījumos Bauskas apkārtnē ir vērtējama kā apmierinoša, tomēr stādījumos Ziemeļkurzemē lielo bērzu augšana ir līdzīga tai, kādu varētu sagaidīt no 1/1 IS stādiem, vai pat sliktāka. Šobrīd rezultāti liecina, ka auglīgos izcirtumos, kuros veidojas spēcīgs aizzēlums, 1/2 IS stādu izmantošana ir veids, kā nodrošināt atjaunošanu ar ģenētiski augstvērtīgu reproduktīvo materiālu, tomēr lielo stādu izmantošana negrantē labus rezultātus, ja savlaicīgi netiek veiktas jaunaudžu kopšanas.

Secinājumi

Nav apstiprinājies pieņēmums, ka liela izmēra stādu izmantošana ļaus samazināt atjaunošanas izmaksas, jo, dēļ augstās saglabāšanās, varēs uz platības vienības stādīt mazāk koku. Lielākajā daļā stādījumu bojā gājuši aptuveni puse stādīto koku.

1/2 IS stādu izmantošana ir veids, kā nodrošināt atjaunošanu ar ģenētiski augstvērtīgu reproduktīvo materiālu auglīgos izcirtumos, kuros veidojas spēcīgs aizzēlums. Lielo stādu izmantošana tomēr negrantē labus rezultātus, ja savlaicīgi netiek veiktas jaunaudžu kopšanas.

Dažādu izcelsmju bērza stādmateriāla augšanas gaitas un vitalitātes monitorings eksperimentālajos stādījumos rietumu un austrumu reģionos

Lai pārbaudītu Latvijas (austrumu un rietumu), Lietuvas, Igaunijas un Somijas (dienvidu reģions) izcelsmes stādu augšanu, austrumu daļā pie Ropažiem un rietumu daļā pie Rendas AS "Latvijas Finieris" īpašumos ierīkoti divi eksperimentālie stādījumi (3. att.). Abi eksperimenti ierīkoti lauksaimniecības zemēs. Pavisam izmēģinājumos plānots pārbaudīt septiņu atšķirīgu bērza izcelsmju augšanas gaitu (Tabula 2).

Tabula 2

Izmēģinājumā pārbaudīto bērza sēkļu izcelsmju apzīmējumi

Izcelsmes valsts	Apzīmējums	Piezīmes
Latvija	LV Austr	AS "Latvijas valsts meži" otrās pakāpes sēkļu plantācija, kategorija "pārāks".
	LV Riet	AS "Latvijas valsts meži" otrās pakāpes sēkļu plantācija, kategorija "pārāks".
Lietuva	LT BK1	Mežaudze, kategorija "atlasīts".
	LT BK2	Sēkļu plantācija, kategorija "uzlabots".
Somija	FI 466	Sēkļu plantācija, kategorija "pārāks".
	FI 468	Sēkļu plantācija, kategorija "pārāks".
Igaunija	EE	Mežaudze, kategorija "izcelsmes vieta zināma".

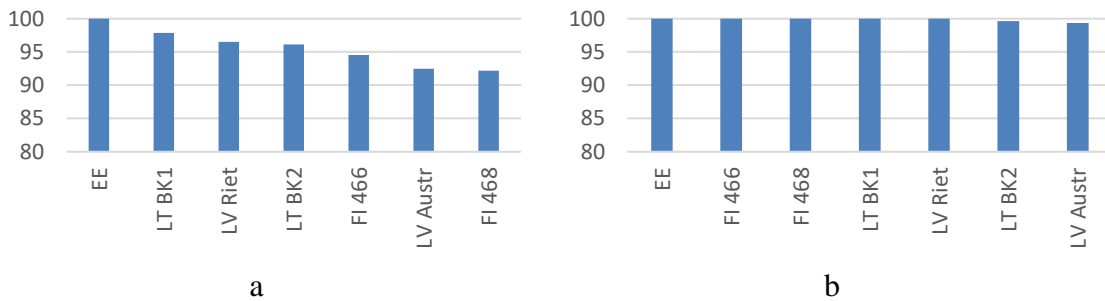


3. att. Eksperimentālo bērza stādījumu atrašanās vieta.

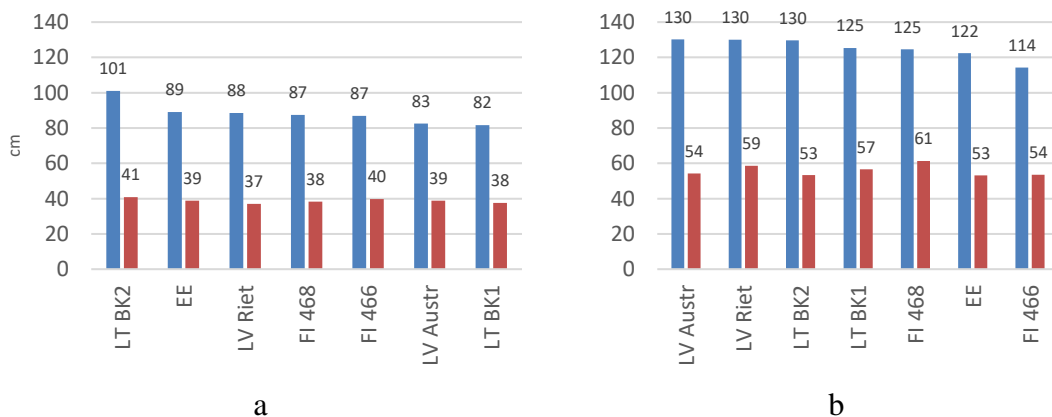
Bērza stādi no dažādu izcelsmju sēklām izaudzēti AS "Latvijas Finieris" kokaudzētavā "Zābaki" vienādos apstākļos. Izmēģinājumu platībās augsne pirms koku stādīšanas gatavota ar disku arklu, un koki stādīti vagas apakšā. Uzreiz pēc iestādīšanas abos stādījumos veikta iestādīto koku augstuma mērījumi. 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. Rudenī veikta abu stādījumu atkārtota uzmērīšana, kā arī reģistrēti bojātie un izkritušie koki.

Rezultāti

Eksperimentālo stādījumu uzmērīšana pēc otrās veģetācijas sezonas 2021. gada rudenī apliecināja, ka koku saglabāšanās ir ļoti laba (4. att.). Ropažos stādītie koki saglabājušies gandrīz pilnībā. Rendā, kur saglabāšanās visos variantos ir bijusi augstāka nekā 90%, koku bojāejas cēlonis ir mehāniski bojājumi (nopļaušana vai dzīvnieku bojājumi). Kopumā eksperimentālie stādījumi ir izdevušies un to izvērtēšana nākotnē ļaus iegūt vērtīgu informāciju par dažādu izcelsmju bērza reproduktīvā materiāla augšanu un adaptāciju Latvijā.



4. att. Koku saglabāšanās (%) eksperimentālajos stādījumos Rendā (a) un Ropažos (b) (reproduktīvā materiāla varianti atbilstoši Tabula 2).



5. att. Koku augstums (zilie stabiņi) un pieaugums (sarkanie stabiņi) eksperimentālajā stādījumā 2021. gada rudenī Rendā (a) un Ropažos (b) (reproduktīvā materiāla varianti atbilstoši Tabula 2).

Šobrīd pēc otrās sezonas koku augšana abos stādījumos ir atšķirīga. Stādījumā Ropažos koku vidējais augstums variē no 114 līdz 130 cm, bet Rendā no 82 līdz 101 cm

(5. att.). Stādījumā Rendā šogad konstatēti arī mazāki ikgadējie koku augstuma pieaugumi nekā stādījumā Ropažos. Abos stādījumos koku pieaugums šogad būtiski neatšķiras starp variantiem. Ņemot vērā to, ka dažādu izcelsmju stādmateriāla izmēri bija atšķirīgi jau stādīšanas brīdī, arī šobrīd kopējais koku augstums pa variantiem atšķiras, tomēr koku augstumam dalījumā pa variantiem ir tendence izlīdzināties.

Šogad apsekots arī Lietuvā ierīkotais stādījums, kurš ierīkots vienlaicīgi ar Latvijā ierīkotajiem abiem stādījumiem. Arī šis stādījums ir sekmīgi ierīkots un uzturēts, tomēr, ņemot vērā epidemioloģiskās situācijas radītos ierobežojumus, Lietuvā stādītie koki nav uzmērīti.

Secinājumi

Pēc pirmajām divām sezonām eksperimentālajos stādījumos pārstāvētās Baltijas jūras reģiona bērza proveniencas uzrāda vienlīdz labus augšanas rādītājus. Šobrīd nav vērojams, ka kāda no testētajām proveniencēm uzrādītu augšanas traucējumu pazīmes.

Ierīkotajam izmēģinājumam ir ilgtermiņa nozīme un koku augšanas gaitas monitorings nākotnē sniegs informāciju par Lietuvas, Latvijas un Somijas bērza reproduktīvā materiāla produktivitāti un kvalitāti stādījumos Latvijā.

Bora koncentrācijas augsnē ietekmi uz bērza augšanu ierīkotos stādījumos

Materiāls un metodes

Pētījums par bora ietekmi uz stādītā bērza produktivitāti ierīkots bērza stādījumā Īles iecirknī (607. kvapg. 19. kv. 52. nog.). Nogabals sadalīts četros blokos; katrā no tiem izvēlēti 40 valdaudzes koki, ap kuriem individuāli izkliedēti mēslošanas līdzekļi. Minimālais attālums starp apstrādātajiem kokiem – 4 m. Pielietojamie mēslošanas varianti: 1) bors 2 kg/ha (B); 2) bors 4 kg/ha (Bx2); 3) koksnes pelni 2,5 t/ha (pelni); 4) slāpekļis 200 kg/ha + bors 2kg/ha (B+N) un kontroles koki (kontrolē).

Katrā no blokiem izvēlēti 10 koki katram no izmēģinājuma variantiem; koku izvietojums randomizēts. Visi koki individuāli marķēti ar etiķetēm. Bērzi ar boru un slāpekli mēsloja 2019. gada jūlija sākumā. 2020. gada 3. jūnijā platībā izkliedēti pelni (manuāli ap katru koku 1 m² platībā), nodrošinot devu 2,5 tonnas pelnu uz ha.

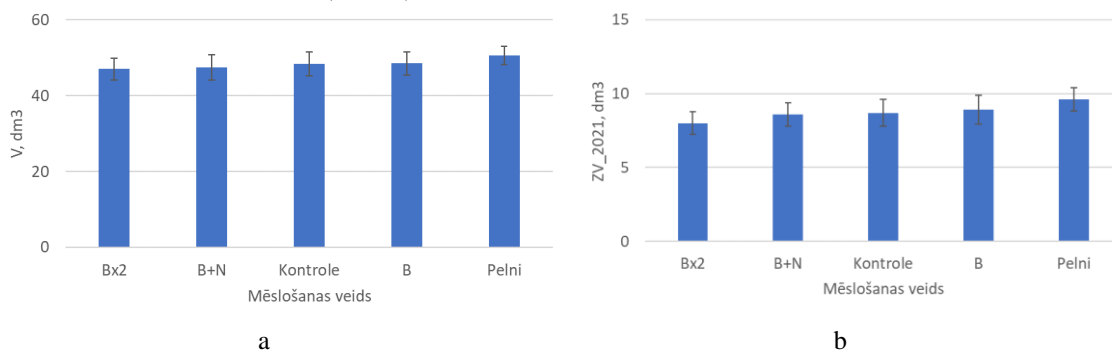
Pirms eksperimenta ierīkošanas pelniem LVMI Silava Vides laboratorijā noteikta fosfora un mikroelementu koncentrācija. Atbilstoši analīžu rezultātiem, ar pelnu izkliedi mēslotajiem kokiem nodrošināta deva: bors 0,57 kg/ha, fosfors 25,5 kg/ha.

Koku augstums un krūšaugstuma caurmērs eksperimentā mērīti ierīkošanas gadā, 2020. gada rudenī un 2021. gada rudenī. Lai salīdzinātu koku augšanu dalījumā pa izmēģinājuma variantiem, kokiem pēc I. Liepa formulas (Liepa, 2018) aprēķināts stumbra tilpums.

2021. gada septembra sākumā eksperimenta platībā atzīmētajiem kokiem ievākti lapu paraugi bora analīzēm. Bora koncentrācija lapu paraugos noteikta LVMI Silava Meža vides laboratorijā.

Rezultāti

Pirmajā eksperimenta uzmērīšanā, kas notika vienlaicīgi ar eksperimenta ierīkošanu (2019. gads), starp koku parametriem dažādos izmēģinājuma variantos būtiskas atšķirības netika konstatētas. Pēc 2021. gada sezonas iegūtie dati vēl neapstiprina augšanas apstākļu uzlabošanas ietekmi uz koku augšanu. Būtiskas atšķirības starp izmēģinājuma variantiem nav konstatētas (6. att.).

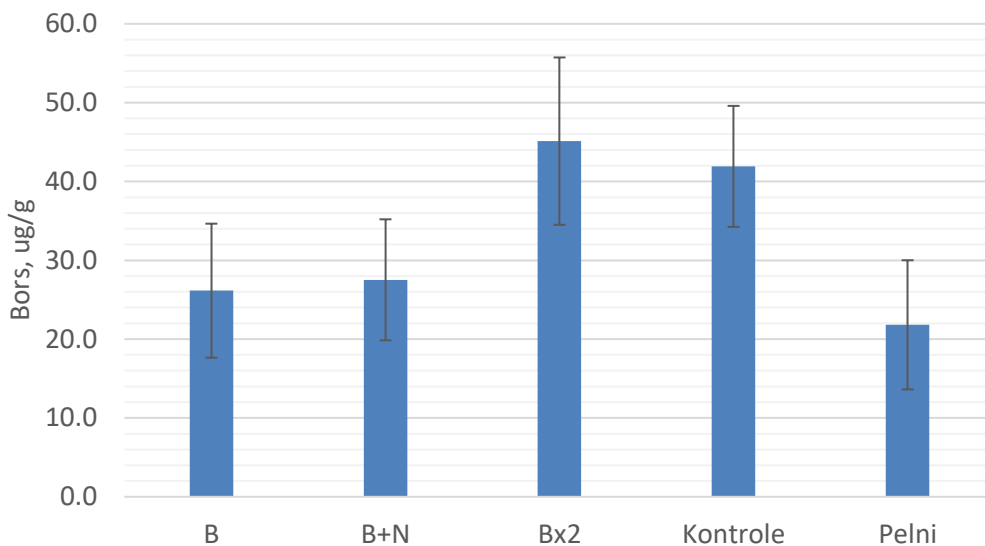


6. att. Koku stumbra tilpums (a) un stumbra tilpuma pieaugums 2021. gadā (b) dalījuma pa eksperimenta variantiem.¹

¹ (B) bors 2 kg/ha; (Bx2) bors 4 kg/ha; (pelni) koksnes pelni 2,5 t/ha; (B+N) slāpekļis 200 kg/ha + bors 2 kg/ha, (Kontrolē) kontroles koki.

Lai arī nedaudz labākus pieaugumus demonstrē ar pelniem mēslotie koki, tomēr joprojām atšķirības ar pārējiem variantiem ir nelielas. Mēslošanas eksperimenta izvērtēšanu nepieciešams turpināt ilgtermiņā.

2021. gadā ievāktajos lapu paraugos bora koncentrācija variē ļoti plašās robežās no 2,33 līdz 94,13 $\mu\text{g/g}$. Ļoti lielas atšķirības ir arī starp bora koncentrāciju lapās kokiem viena varianta ietvaros. Lielo datu variāciju raksturo ļoti lielās vidējo rādītāju standartklūdas, kuras attēlotas ar izkliedes intervāliem stabiņu diagrammā (7. att.).



7. att. Bora koncentrācija bērzu lapās 2021. gadā daļījumā pa izmēģinājuma variantiem (vidējais \pm standartklūda).

2019. gadā veiktajās lapu paraugu analīzēs bora koncentrācija variēja robežās no 6,5 līdz 11,4 $\mu\text{g/g}$ – lielākā vērtība no mazākas atšķīrās nepilnas divas reizes. Šogad veiktās analīzes lielās rezultātu izkliedes dēļ diemžēl nav izmantojamas, lai spriestu par to, cik lietderīga ir bijusi bora mēslojuma ienese kokaudzē.

Pētījuma turpinājumā paredzēta atkārtota koku uzmērīšanu, lai vērtētu mēslojuma ietekmi uz koku augšanu. Noslēdzošajā etapā plānots noteikt koku radiālos pieaugumus, veicot gadskārtu platuma analīzi gados pēc mēslojuma ieneses kokaudzē.

Koku bojāejas iemeslu izpēte stādītās bērza jaunaudzēs

Ievads

Pētījuma uzdevums plānots, lai skaidrotu koku bojāejas iemeslus stādītās bērza jaunaudzēs Zemgales reģionā. Apsekojot stādījumus konstatēts, ka vairāki koki sakņu kakla zonā ir nolūzuši. Ņemot vērā, ka vairums izkritušo koku bija sadalīties sākušu kritalu stadijā, bojā ejas cēloni noteikt vizuāli nebija iespējams. Bojājumu pazīmēs liek domāt par vairākiem iespējamiem cēloņiem:

- slimību izraisīti sakņu sistēmas bojājumi;
- sakņu kakla mehāniski bojājumi (piemēram - ūdensstrupaste jeb ūdensžurka (*Arvicola amphibius*);
- dažādu iemeslu dēļ (stādmateriāls, stādīšana) radusies sakņu deformācija.

Literatūrā ir samērā maz datu par patogēniem, kas izraisa bērzu sakņu bojāeju. Vairākas celmenes *Armillaria* sugas var inficēt novājinātus kokus, izraisot sakņu un stumbra trupi (Rishbeth 1982, Mauer and Palatova, 2003). Priežu sakņu piepe *Heterobasidion annosum*, retāk – egļu sakņupiepe *H. parviporum* izraisa sakņu trupi un jauno koku bojāeju mistraudzēs ar skuju kokiem, vai gadījumos, kad bērzs stādīts vietā, kur iepriekš bijusi skuju koku audze un kur iepriekš konstatēts augsts sakņu piepes infekcijas līmenis (Piri, 1996, Lygis et al. 2004). Oomicētes *Phytophthora* var izraisīt sakņu atmiršanu, bet šī problēma pārsvarā sastopama kokaudzētavās (Lilja et al. 1996, Berezowska et al. 2021), kaut gan nesen Ukrainā vairākas *Phytophthora* sugas izdalītas no kalstošiem 40-50 gadus veciem bērziem (Matsiakh et al., 2021).

Koku sakņu attīstību pēc iestādīšanas lielā mērā nosaka ne vien koku sugai raksturīgās īpašības un iedzimtība (ģenētiski noteiktās pazīmes), bet arī **augšnes gatavošanas veids un stādīšana**. Augšnes gatavošana pirms stādīšanas uzlabo stādīto koku augšanu un veicina simetriskas un plašas sakņu sistēmas veidošanos (Bilodeau-Gauthier et al., 2013).

Augšnes gatavošana vagās ar disku arklu ir visplašāk pielietotā metode ne vien Latvijā, bet arī daudzās citās Baltijas jūras reģiona valstīs. Šis ir salīdzinoši lēts un universāls augšnes gatavošanas veids, kas ļauj sasniegt labus rezultātus gan dažāda sastāva normāla mitruma minerālaugsnēs, kā arī meliorētās augsnēs, kur ir normalizēts mitruma režīms. Ar ekskavatoru gatavotas pacilas lielākoties veido mitrās minerālaugsnēs un kūdras augsnēs.

Latvijā veiktā pētījumā apstiprināts, ka augšnes gatavošanas veidam ir nozīmīga ietekme uz stādu sakņu attīstību pēc iestādīšanas. Stādot uz pacilām, koki veido simetrisku sakņu sistēmu, turpretim vagās gatavotās stādīvietās galvenās saknes nereti izvietojas paralēli vagai. Nozīme ir arī stādīšanas vietas izvēlei. Stādot kokus nevis “uz tiltiņa”, bet vagā vai uz atgāztas velēnas, sakņu sistēma attīstās vienmērīgi visos virzienos (Celma et al., 2019). Līdzīgi novērojumi par koku augšanu vagās gatavotās kūdras augsnēs aprakstīti pagājušajā gadsimta astoņdesmitajos gados Īrijā (Pfeifer, 1982).

Minētajā Īrijā veiktajā pētījumā vērtēta arī valdošo vēju ietekme uz stādīto koku augšanu. Gatavojot augsni vagās perpendikulāri valdošo vēju virzienam, pieaug stumbru

deformācijas iespējamība. Šādos stādījumos kokiem veidojas stumbru pamatnes zobenveida izliekums, jo īpaši – stādījumu malējās rindās.

Ir apstiprināts, ka *stādu kvalitātei un stādmateriāla ražošanas tehnoloģijām* ir ilgtermiņa ietekme uz koku augšanu un attīstību pēc iestādīšanas. Jebkāda veida stādmateriāla audzēšanas, pārskološanas un stādīšanas procesiem jābūt rūpīgi pārdomātiem, jo tieši juvenīla sakņu sistēma ir īpaši viegli deformējama (Khuder et al., 2007; Pfeifer, 1982). Stādmateriāla sakņu attīstība un iespējamā deformācija audzēšanas un pārstādīšanas laikā ir atkarīga no stādu ražošanas tehnoloģijas.

Jautājumi par pareizi veidotas un proporcionālas sakņu sistēmas attīstību īpaši aktualizējās līdz ar ietvarstādu audzēšanas tehnoloģiju ieviešanos stādu ražošanā pagājušā gadsimtā. Sākotnēji ieviestās ietvarstādu audzēšanas sistēmas bieži vien bija par iemeslu sakņu deformācijām audzēšanas laikā, kas atstāja ietekmi arī uz koku turpmāko augšanu pēc to pārstādīšanas. Mūsdienās, pilnveidojot un uzlabojot ietvarstādu kasešu dizainu un pielāgojot tos konkrētu koku sugu audzēšanai, šādu bojājumu daudzumus jaunajiem kokiem ir ievērojami samazinājis (Warensjö, Rune, 2004).

Ietvarstādu kasetēm un izmēriem ir nozīmīga ietekme uz stādu sakņu sistēmas veidošanos. Pārāk mazi konteineri izraisa sakņu deformēšanos un pastāv risks, ka jauno koku saknes deformēsies (savērpsies), un tām pietrūks augšanas telpas. Lielu konteineru izmantošana ļauj izaudzēt labākas kvalitātes stādus, bet stādu ražošanas izmaksas ir augstākas. Moderno konteineru šūnu dizains (kasetes šūnas forma, ribas, gaisa spraugas) lielā mērā novērš sakņu vērpšanās risku un palīdz sakņu augšanu orientēt vertikālā virzienā. Tomēr, pieaugot stādu augšanas laikam, palielinās arī sakņu sistēmas deformācijas risks un to bojāšanas iespējas transportēšanas un stādīšanas laikā (Grossnickle & El-Kassaby, 2016; Rune, 2003). Stādiem ar vāji attīstītu sakņu sistēmu pirmajā gadā pēc iestādīšanas liela daļa augšanas enerģijas jānovirza sakņu attīstībai un virszemes dzinumumu pieaugumu veidošanas ir vāja. Stādiem, kuriem mērķtiecīgi veidota spēcīga sakņu sistēma, veidojas lielāki pieaugumi (Aldrete et al., 2020).

Slikti attīstīta un dažādu iemeslu dēļ deformēta sakņu sistēma atstāj ilgtermiņa ietekmi ne vien uz koku vitalitāti, bet arī uz stumbru kvalitāti. Slikti attīstītas, nesimetriskas sakņu attīstības dēļ koku stumbriem ir tendence noliekties un veidot zobenveida izliekumu stumbra pamatnē. Tā rezultātā koksnes lielainums un stumbra līkumainība samazina kokmateriālu kvalitāti, tālākās izmantošanas iespējas, kā arī samazina koka noturību pret vēja un sniega bojājumiem. Šo izmaiņu apmērs atkarīgs no tā, cik spēcīgi jaunais koks ietekmēts (cik lielā mērā noliecies) un cik ilgi tādā pozīcijā atradies. Ja ietekme bijusi neilga, ar laiku koka stumbram vizuālās pazīmes vairs nav pamanāmas un tās var konstatēt tikai koksnes šķērsgrīzumā kā nesimetriskas gadskārtas un ekscentriskas serdes. Lai gan šādiem kokiem galotnes daļa aug vertikāli attiecībā pret zemes virsu, pie sakņu kakla visā tā augšanas laikā koksne būs novērojams lielainums (Krasowski 2003; Warensjö and Rune 2004).

Kokiem ar taisniem stumbriem sakņu sistēma attīstās dziļā un vienmērīga visos virzienos, savukārt, kokiem, kuriem novērota līkumainība pie stumbra pamatnes vai visā tā augstumā, sakņu sistēma gandrīz vienmēr attīstījies citādāk – izpletusies izteikti uz vienu pusi vai arī saknes ir savijušās. Jebkura no iepriekšminētajām sakņu sistēmas attīstības novirzēm nozīmīgi samazina koka stabilitāti augsnē (Pfeifer 1982).

Mūsu darba uzdevums ir noskaidrot stumbru nestabilitātes iemeslus bērza stādījumos, kuri ierīkoti ar 1/1 IS stādiem. Apskatītajos literatūras avotos par stādu sakņu

sistēmas defektu ietekmi uz koku augšanu pēc iestādīšanas dominē pētījumi par skuju koku ietvarstādiem. Literatūras apskatā minētie faktori, kuri ietekmē stādu sakņu kvalitāti ir universāli gan skuju kokiem, gan lapu kokiem, tomēr, ņemot vērā, ka stādu ražošanā mežsaimnieciski attīstītajās valstīs dominēs skuju koki, informācijas par lapu koku stādu audzēšanas specifiku ir ļoti maz. Mums neizdevās atrast pētījumu aprakstus, kur būtu ziņas pa citās valstīs konstatētām līdzīgām problēmām bērzu stādījumos. Bērza stādmateriāla ražošana ir aktuāla lielākoties tikai Baltijas jūras reģionā valstīs un, salīdzinājumā ar priedi un egli, šo stādu ražošanas apjomi ir niecīgi.

Materiāls un metodes

Šajā etapā apsekoti četri bērza stādījumi Zemgales reģionā Līvberzes iecirknī, kuros konstatēta koku bojāeja. Visos izvēlētajos nogabalos stādīti bērza 1/1 IS stādi ar disku frēzi gatavotās vagās. Katrā no nogabaliem ierīkoti 4 līdz 6 apļveida parauglaukumi (500 m²), lai novērtētu audzes taksācijas rādītājus.

Katrā stādījumā 2021. gada septembrī un oktobrī izrakta sakņu sistēma 3 kokiem, izvēloties dažādu Krafta klašu kokus ar stumbru izliekumiem – pazīmēm, kuras varētu norādīt uz sakņu sistēmas attīstības problēmām. Pirms sakņu rakšanas koki nozāģēti un uz celma ar marķieri atzīmēts vagas virziens (8. att.). Izraktie celmi nogādāti LVMI Silava, kur sakņu sistēma skalota un vizuāli novērtēts sakņu izvietojums un simetriskums.

Bērza stādījumos Līvberzes iecirknī (611-37-9) un (611-14-2) ievākti paraugi iespējamo patogēnu identifikācijai. Abās audzēs vizuāli novērtēts koku stāvoklis, atlasot kokus, no kuriem ievāks paraugus. Paraugu ievākšanai izvēlēti simptomātiski koki: noliekušies vai izgāzti koki, kuriem vēl ir zaļas vai dzeltējošas lapas. Ja audzē šādu koku bija maz, izvēlēti koki blakus nokaltušiem, izgāztiem kokiem. Paraugi no nokaltušiem, gulošiem kokiem bez lapām netika ievākti, jo nav nosakāms, cik ilgi šie koki ir nokaltuši. Pēc koku bojāejas tos kolonizē dažādas sēņu sugas (pamatā saprotrofi), tādēļ bojāejas izraisītāju šādiem kokiem noteikt ir grūti vai pat neiespējami.

Abās audzēs kopā izvēlēti septiņi simptomātiski vai blakus izgāztiem augoši koki. Audzē 611-14-2 atrasts tikai viens svaigi izgāzts koks, tādēļ koksnes paraugi ievākti no vizuāli veselīgiem kokiem, kas aug blakus izgāztiem kokiem. Ar pieauguma svārpstu no sakņu kakla ievākti koksnes paraugi (9. att.), ievietoti sterilās mēģenēs un nogādāti LVMI Silava. No katra koka izdalītas 2-7 vizuāli dažādas sēņu kultūras. Daļa no izdalītajām sēņu kultūrām ir inficētas ar baktēriju, tādēļ sēņu sugu morfotipēšana (grupēšana pēc to morfoloģiskajām pazīmēm) un sugu noteikšana plānota 2022. gada janvārī, februārī. Sugu noteikšana notiks pēc iepriekš aprobētas metodikas (Arhipova 2012).

Tabula 3

Pētījumu objekti bērzu stādījumos Līvberzes iecirknī

Nog.	D, cm	H, m	M, m ³ /ha
611-37-9	9,4	13,3	66
611-43-1	7,6	11,3	32
611-8-27	8,5	12,4	51
611-14-2	10,6	14,5	107



a



b

8. att. Paraugkoku izvēle (a) un izrakto celmu marķēšana (b).



9. att. Koksnes paraugu ievākšanas sēņu sugu noteikšanai.

Rezultāti

Apsekojot bērza stādījumus Līvberzes iecirknī, par kuriem iepriekš saņemti ziņojumi par stādīto koku bojāeju, konstatēts, ka koki nolūzuši stumbra apakšējā daļā pie sakņu kala. Viens no nesen nolūzušiem kokiem izrakts un sakņu sistēma nogādāta LVMI Silava tālākai izpētei (10. att.). Fotografijās redzams, ka stumbra apakšējā daļā vērojami mizas bojājumi, kuru zonā stumbrs ir nolūzis.

Neskatoties uz to, ka lūzuma vietā redzama trupējusi koksne, koka sakņu sistēma ir ļoti attīstīta un simetriska. Spēcīgās, ļoti attīstītās balstsaknes un bagātīgās sīksaknes nenorāda uz to, ka koka bojāejā varētu vainot sakņu slimības. Celma izskats drīzāk liek domāt par to, ka koka apakšējā daļā pirms vairākiem gadiem bojāta miza (stumbrs faktiski apgredzenots). Pēc bojājuma koks ir vairākus gadus audzis, līdz bojājumā vietā nolūzis. Nav izslēdzamas, ka mizas bojājumus radījušas ūdens strupastes jeb ūdensžurkas.



10. att. Bērza stādījumos novērotās koku bojāejas pazīmes (stumbra bojājums pie sakņu kala) izraktam celmam.



a



b

11. att. Bērza sakņu sistēma ar slikti attīstītām balstsaknēm un bez sīksaknēm (a) salīdzinājumā ar ļoti attīstītu sakņu sistēmu (b).

No izraktajiem divpadsmit celmiem vienam konstatēta sakņu sistēma ar vāji attīstītām balstsaknēm un faktiski bez sīksaknēm (11. att. a). Šis celms gan izrakts mazāku

dimensiju starpaudzes kokam un nav izslēgts, ka sakņu sistēmas attīstību ietekmējis tas, ka koks jau ilgstoši augšanā atpalicis.

Vairākiem kokiem vērojams, ka lielākā daļa balstsakņu veidojušās vai nu paralēli augsnes gatavošanas virzienam, vai arī atgāztās velēnas virzienā (12. att. a). Tas apliecina jau iepriekšējos pētījumos konstatēto, ka vagās gatavotās platībās stādītiem kokiem saknes veidojas virzienos, kur bagātīgāk pieejamas barības vielas.



a

b

12. att. Sakņu sistēmas attīstība stādītiem bērziem.



13. att. Bērza stumbra pamatnes zobeneida izliekums – sekas stādīšanai “uz tiltiņa”.

Vienam no izraktajiem celmiem konstatēta izteikti vienpusēja sakņu sistēma (12. att. b). Šāds sakņu attīstības virziens var liecināt par nekvalitatīvu stādīšanu, kad stāda sakņu sistēma tiek ievietota šaurā stādspraugā vienā virzienā. Tomēr šāda nesimetriska sakne konstatēta tikai vienā gadījumā un mūsu pētījums neapstiprina, ka bērzu stumbru

nestabilitātes iemesls varētu būt stādīšanas laikā deformētas saknes vai sliktas kvalitātes stādi.

Apsēkotajos bērza stādījumos konstatēts, ka vairākiem kokiem izveidojies zobenveida izliekums stumbru apakšējā daļā (13. att.). Visdrīzāk šāda stumbru forma veidojusies, jo “uz tiltiņa” stādītais koks pēc iestādīšanas ir noliecies vagas virzienā un turpmākajos gados atjaunojis vertikālu augšanu, veidojot izliekumu pie stumbra pamatnes.

Stādītajās bērzu audzēs iegūtie augsnes paraugi nogādāti laboratorijā, kur paredzēta sēņu sugu morfotipēšana.

Secinājumi

Stādīto bērzu sakņu sistēmas izpēte neatklāja sakņu deformācijas pazīmes, kas varētu liecināt par koku augšanas problēmām, kuras izraisījuši nekvalitatīva stādīšana vai nekvalitatīva stādu sakņu sistēma. Stādītajās bērzu audzēs pie sakņu kakla lūzušo koku sakņu sistēma ir labi attīstīta un visdrīzāk koku bojāeju izraisījuši grauzēju (ūdens strupastes jeb ūdensšurkas) bojājumi.

Stādītajiem bērziem nereti stumbru apakšējā daļa veidojas zobenveida izliekums, kas nozīmīgi ietekmē koka kvalitāti. Visdrīzāk šāda stumbru forma veidojusies, jo “uz tiltiņa” stādītais koks pēc iestādīšanas ir noliecies vagas virzienā.

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 specialiste Anna Poimala. Pavasarī – vasarā ierīkoti divi mākslīgas inficēšanas eksperimenti ar no simptomātiskiem stādiem visbiežāk izdalītām sēnēm: kontrolētos un lauka apstākļos.

2021. gada martā atkārtoti apsekotas 8 kokaudzētavas: AS “Latvijas Finieris” kokaudzētava “Zābaki” un AS “Latvijas valsts meži” Strenču, Mazsilu, Popes, Podiņu, Valmieras, Smiltenes un Pļaviņu kokaudzētavas. Visās AS “Latvijas valsts meži” 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 analizēm 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 ievākto 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 atsevišķām Petri platēm. Pēc visu kultūru izaudzēšanas tās sagrupēs pēc micēlija morfoloģiskām pazīmēm un biežāk sastopamās sēnes noteiks līdz ģints līmenim.

15 bērzu stādi no kokaudzētavām Mazsili, Zābaki, Pope un Pļaviņas nosūtīti uz Somijas dabas resursu institūtu LUKE, lai Somijas fitopatoloģijas specialisti 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 streptomocīnu. No paraugiem augošais sēņu micēlijs pārņemts uz atsevišķām Petri platēm. 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 esošajam sēņu sekvencēm.

2021. gada maijā iegūtas 6 bērzu ietvarstādu kasetes (apmērām 60 gab. stādi katrā) no Mazsilu 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 inkubēts Petri platē 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 sterilizēto skalpeli rūpīgi noskrāpēja sēņu micēliju no agara virsmas. Pēc tam visu iegūto sporu-micēlija suspensiju pārleja 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 izkļiedēja pa Petri trauka laukumu. Pēc tam zem gaismas mikroskopa Leica novērtēja sporu un micēlija pavedienu daudzumu 20 redzes laukos 100x palielinājumā.

Gatavās suspensijas ielēja attiecīgi sanumurētajos pulverizatoros. Konteineri ar stādiņiem sadalīti 3 grupās, pa diviem konteineriem katrā un sanumurēti no 1 līdz 3. Katrā kasetē stādiņi sadalīti grupās pa 10, atdalīti ar baltām A4 formāta lapām un marķēti ar plastikāta zīmīti, norādot kasetes grupas numuru (1-3) un sēņu izolāta numuru, ar ko stādi apstrādāti. Katra stādu grupa apsmidzināta ar attiecīgo sēņu sporu suspensiju (10 stādi katrā kasetes grupā – kopā viena sēne – 30 stādi). 10-12 atlikušie stādiņi katrā kasetes grupā apsmidzināti ar ūdeni kontrolei. Pēc tam lielas A4 lapas, kas sadalīja dažādas stādu grupas, aizvietoja ar 10 cm platām lapu strēmelēm. Pirmā kasetes grupa (2 kastes) 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 nokaltuši un simptomātiskie koki pierēģistrēti, no visiem simptomātiskajiem stādiem paņemti paraugi sēņu reizolācijai pēc iepriekš aprakstītās metodikas.

2021. gada jūnijā pēc līdzīgas metodikas inokulēti otrā gada dažādu sēkļu 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 4 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 atstata 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 apsekota, stādu garumi izmērīti un visi simptomātiskie stādi pierēģistrēti. Simptomātiskiem stādiem izmērīts arī nekrotiskās daļas garums. Visi simptomātiskie stādi ievākti sēņu reizolācijai pēc iepriekš aprakstītas 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

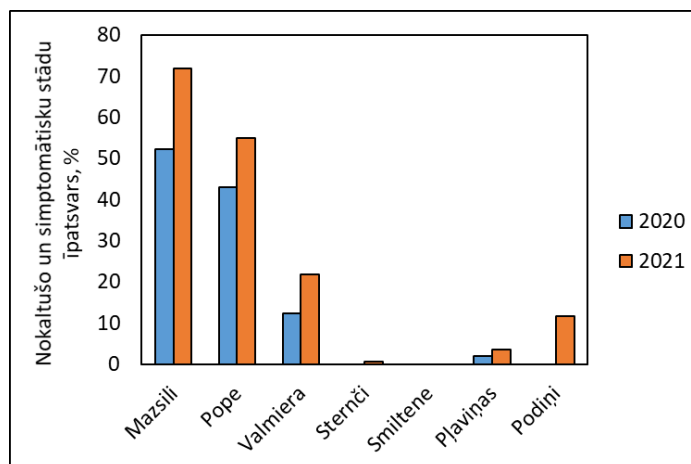
2021. gada pavasarī bērzi ar nekrotiskām galotnēm konstatēti visās kokaudzētavās, izņemot Strenču un Smiltenes kokaudzētavas. Rezultāti atspoguļoti tabulā (Tabula 4).

Tabula 4

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



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

Tabula 5

No simptomātiskiem bērziem izdalīto sēņu sugu īpatsvars dažādās kokaudzētavās

Sēņu suga	Zābaki 2020/2021 , %	Mazsili, 2020/2021, %	Pope, 2020/2021, %	Valmiera, 2020/2021, %	Pļaviņas, 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 (14. att.). Visvairāk simptomātisko bērzu konstatēts Mazsili un Popes kokaudzētavās. Atkārtoti apsekojot stādus no dažādiem 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, kā mēs rudenī izņēmām no kasetēm visus nokaltušos un simptomātiskos stādus. Trešajā skolojumā palielinājās nokaltušo stādu skaits: no 0 līdz

4,5%, bet pie tā ir vainojama sūna parastā maršancijs, kura ir spēcīgi pārņēmusi dažas kasetes.

Pavisam no stādiem izdalīts 421 sēņu izolāts 2020. gadā un 89 sēņu izolāti 2021. gadā. Visbiežāk sastopamās sēņu sugas apkopotas tabulā (Tabula 5).

Kopumā 2021. gada pavasarī izdevās izdalīt daudz mazāk sēnes 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 Pļaviņu kokaudzētavā, pārsvarā pirmā gada stādos, - *Dydimella* sp. 24. Pavasarī pārsvarā izdalītas tās pašas sēņu sugas. Podiņu kokaudzētava 2020. gada rudenī netika konstatēti slimības simptomi, bet 2021. gada pavasarī galotnes nekrozes un stumbra vēzi konstatēti 11,7% stādu. Visbiežāk izdalīta sēne *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: 1 *Alternaria alternata* (62% no visiem apsekotiem stādiem), 1 *Botrytis cinerea* (26% no visiem apsekotiem stādiem), 2 *Discula betulina* (33% no visiem apsekotiem stādiem), 1 *Dydimella* sp. 24 (14% no visiem apsekotiem stādiem), 1 *Fusarium avenaceum* (27% no visiem apsekotiem stādiem), 2 *Phoma herbarum* (25% no visiem apsekotiem stādiem) un 1 *Rustroemia* sp. 30 (18% no visiem apsekotiem stādiem). Mākslīgās inficēšanas rezultāti ir atspoguļoti tabulā (Tabula 6).

Tabula 6

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* (15. att.) un *F. avenaceum* (16. att.) (abi 13,3% stādiņu), kā arī *D. betulina* (17. att.) (8,3%) un *Dydimella* sp. 24 (18. att.) (6,7%). Šīs sēnes arī atkārtoti izdalītas no simptomātiskajiem stādiem. Kaut arī starp

stādiņiem, 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 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.



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



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



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



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

Dažādu sēklu 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 sēklu ģimeņu stādus, galotnes kalšana konstatēta 4,3% stādu, bet pavisam nokaltuši 2,1% stādu. Visvairāk simptomātisku un nokaltušo stādu konstatēts sēklu ģimenēm 20194 (26,7% nokaltuši), 20597 (26,7% simptomātiski un 6,7% nokaltuši) un 20603 (21,4% simptomātiski). Mākslīgajā inficēšanā izmantotās sēnes nerādīja augstu patogenitāti, kaut gan dažām sēklu ģimenēm simptomātisko stādu īpatsvars

bija vairāk nekā 20%. Vislielākais simptomātisko (19. att.) un nokaltušo stādu īpatsvars (8,8%) bija rozā variantā (*Dydimella* sp. 24), sēne bija 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. Stādi vēl atstāti turpmākai novērošanai, lai septembra otrajā pusē tos atkārtoti apsekotu.

Septembra stādu apsekojamu rezultāti ir aprakstīti nodaļā “Bērza ģenētikas pētījumi”.

28.07.2021. simptomātiski stādi netika konstatēti 23 sēklu 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 Covid-19 dēļ (paraugi ievākti, bet neanalizēti). Pastāv arī iespēja, ka bērzu stādi inficēti vēlāk no eksperimenta norises vietai netālu esošā pieaugušā bērza. *Dydimella* sp. 24 arī izdalīta no 47% simptomātisko stādu, kas liecina par šo divu sēņu iesaisti simptomu attīstībā.



19. 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 *Fusarium avenaceum*. *Discula betulina* ir zināma kā bērzu lapu un dzinumu patogēns (Kula and Zabecka, 2001, Green, 2004; Hanso and Drenkhan, 2010). Igaunijā pirmo reizi šī sēne izdalīta 2009. – 2010. gadā no simptomātiskiem bērzu dzinumiem 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.

Fusarium 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 pētījuma to uzskata par mazāk patogēnu salīdzinājumā ar *D. betulina* (Green and MacAskill, 2007).

Sēnes no *Dydimella* ģints izraisa dzinumus 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).

Ļaviņu 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 Ļaviņu kokaudzētavā bija sēne *Dydimella* sp. 24, kura mākslīgas inficēšanas eksperimentā pierādīja savu spēju izraisīt stādu nokalšanu.

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

Secinājumi

Mūsu un Somijā iegūti rezultāti ir līdzīgi un norāda, ka ir vairākas sēņu sugas, kas izraisa bērzu galotņu kalšanu: *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. Dažādo sēņu sugu atšķirīgā bioloģija norāda uz to, ka katras sugas izplatībai ir iespējama sava labvēlīgo faktoru kombinācija. Slimību uzliesmojumu cikliskums var būt saistīts arī ar globālo klimata maiņu, kas rada papildu stresu bērzu stādiem.

Vairākām bērzu ģimenēm novērota rezistence pret mākslīgā inficēšanā izmantotajiem sēņu patogēniem.

Rekomendācijas:

1. stādīšanai izmantot rezistentu stādīšanas materiālu (skat. Ģenētikas nodaļu);
2. ātrāk augošiem bērzu stādiem infekcija bija novērota biežāk, tāpēc mēslošana var saasināt problēmu.

Bērza ģenētikas pētījumi

Uzdevumi:

- mākslīgi inficēto bērzu indivīdu sadale inficētības pakāpes grupās, paraugu ievākšana un DNS izdalīšana, DNS paraugu pasportizācija;
- mākslīgi inficēto paraugu pasportizācijas datu analīze, identificējot iespējamās ģimenes grupas, identificēto ģimenes tēva (un mātes, nepieciešamības gadījumā) identificēšana, salīdzinot iegūtos datus ar bērza plantācijas klonu pasportizācijas rezultātiem, identificēt vecāku klonus un klona krustojuma kombinācijas slimības izturīgākiem un uzņēmīgākiem pēcnācējiem.

Materiāls un metodes

Stādmateriāls: 2021. gadā jūnijā mākslīgi inficēti otrā gada dažādu sēklu ģimeņu stādi (Kalsnavas bērzu sēklu plantācijas pēcnācēji) (aprakstīts iepriekšējā nodaļā). Mākslīgi inficētie stādi audzēti kasetēs āra apstākļos, nodrošinot laistīšanu. Kā iepriekš aprakstīts, katras ģimenes stādi inficēti ar 4 sēņu izolātiem. Katrā kasetē ar katru sēnes izolātu apsmidzināja 3 stādus, un 3 atstāja kontrolei. inficēto indivīda slimības pakāpe sākotnēji novērtēta 2021. g. 28. jūlijā, kad pieņemts lēmums atstāt mākslīgi inficētos stādus turpmākai novērošanai. Iespējams, ka 1,5 mēnesis ir pārāk īss periods, lai visiem stādiem attīstītos slimības simptomi. Indivīdu slimības stāvoklis apsekots 2021. g. augustā un septembrī reizi nedēļā. Papildus ievākti lapu paraugi no indivīdiem bez slimības pazīmēm DNS izdalīšanai.

DNS izdalīta izmantojot CTAB metodiku (Hanania et al., 2004), un DNS paraugi genotipēti ar 6 SSR marķieriem (Kulju et al., 2004), pēc iepriekš aprakstītiem protokoliem (I etapa ziņojums, 2019. g.).

Rezultāti

2021. g. septembra beigās noteikts, ka 14 ģimenēm (20165, 20171, 20172, 20576, 20582, 20586, 20587, 20589, 20591, 20592, 20607, 20608, 20609, 20610) visi indivīdi bija bez slimības pazīmēm. Visās ģimenēs pēc mākslīgās inficēšanas konstatēti veseli indivīdi. Lielākai daļai ģimeņu pēc mākslīgās inficēšanas vairākums indivīdi bija veseli. Tikai trim ģimenēm bija vairāk indivīdu ar slimības pazīmēm, nekā veseli (20177, 20180, 20597) (Tabula 7, 20. attēls).

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 pilnīgi nokaltuši, un DNS izdalīts no sakņu audiem.

Kopumā 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 pilnīgi nokaltuši, un DNS izdalīts no sakņu audiem.

Paraugi genotipēti ar sešiem marķieriem. Rezultātus no visiem sešiem marķieriem ieguva no 264 indivīdiem, bet ar 34 indivīdiem neizdevās iegūt rezultātus. Genotipēšana tiks atkārtota un optimizēta, kā arī paraugi tiks genotipēti ar papildus deviņiem marķieriem.

Ņemot vērā, ka mākslīgi inficēto indivīda slimības pakāpes novērtēšana pagarināta līdz 2021. septembra beigām, DNS izdalīšana aizkavējās. Genotipēšana un datu analīze tiks turpināta un papildināta.

Tabula 7

Indivīdu skaits katrā bērzu ģimenē ar slimības pazīmēm un veseli

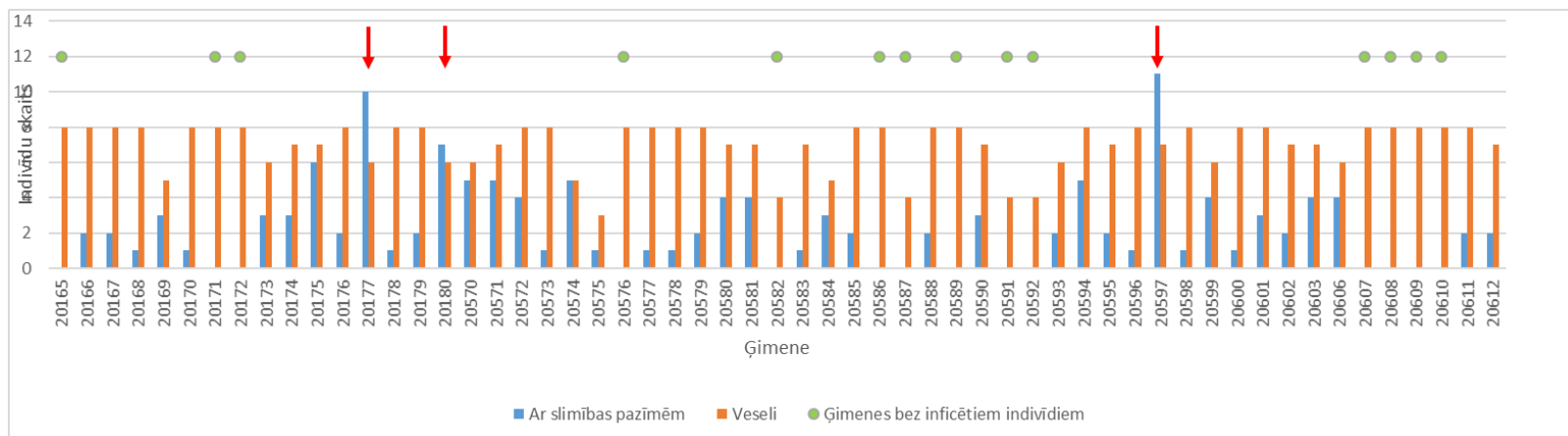
Ģimene	Ar slimības pazīmēm	Veseli
20165*	0	8
20166	2	8
20167	2	8
20168	1	8
20169	3	5
20170	0 (1)	8
20171*	0	8
20172	0	8
20173	3	6
20174	3	7
20175	6	7
20176	2	8
20177†	10	6
20178	1	8
20179	0 (2)	8
20180†	7	6
20570	5	6
20571	5	7
20572	4	8
20573	1	8
20574	5	5
20575	0 (1)	3
20576	0	8
20577	1	8
20578	0 (1)	8
20579	2	8
20580	4	7
20581	4	7
20582*	0	4
20583	1	7
20584	3	5
20585	2	8
20586*	0	8
20587*	0	4
20588	2	8
20589*	0	8
20590	3	7
20591*	0	4

Tabula 7 turpinājums

Ģimene	Ar slimības pazīmēm	Veseli
20592*	0	4
20593	2	6
20594	5	8
20595	2	7
20596	0 (1)	8
20597†	11	7
20598	1	8
20599	4	6
20600	0 (1)	8
20601	3	8
20602	2	7
20603	4	7
20606	4	6
20607*	0	8
20608*	0	8
20609*	0	8
20610*	0	8
20611	0 (2)	8
20612	2	7

Indivīdu skaits iekavās kolonā 'Ar slimības pazīmēm' norāda uz indivīdu skaitu, no kuriem neizdevās izdalīt DNS. Ģimenes, kurās nav novēroti indivīdi ar slimības pazīmēm atzīmētas ar ''. Ģimenes, kurās novēroti vairāk indivīdi ar slimības pazīmēm nekā veseli indivīdi atzīmētas ar '†'.*

Turpmākā genotipēšana un datu analīze noteiks precīzāku katra indivīda (pēcnācēja) genotipu, kuru salīdzinās ar Kalsnavas plantāciju klonu genotipiem. Tas ļaus identificēt iespējamo apputeksnētāju (tēva) klonu katram indivīdam, un dos iespēju noteikt apputeksnētāja ietekmi uz indivīda (pēcnācēja) izturību pret sēņu infekciju.



20. attēls. Veselo un ar slimības pazīmēm indivīdu skaits ģimenēs. Ar sarkanām bultām atzīmētas ģimenes kurās novēroti vairāk indivīdi ar slimības pazīmēm nekā veseli indivīdi

Secinājumi

Pēc mākslīgās inficēšanas slimības pazīmes turpināja attīstīties un parādīties vairāku mēnešu garumā (no jūnija līdz septembra).

Inficēšanās ir notikusi jau pirms mākslīgās inficēšanas eksperimenta, jo 1% bērzu stādu konstatēta galotnes vai visa stāda nokalšana. Arī pastāv iespēja, ka stādi inficējās vēlāk no netālu esošā pieaugušā bērza. Tas norāda, ka inficēšanas iespēja ir augsta, un ka indivīdi, kuri neuzrāda slimības pazīmes, ir ar paaugstinātu izturību pret infekciju.

Trīs ģimenēs indivīdu skaits ar slimības pazīmēm bija lielāks nekā veselo indivīdu skaits, un 14 ģimenēs netika novērots neviens indivīds ar slimības pazīmēm. Tas norāda ka, iespējams, šie mātes kloni ir attiecīgi ar mazāku vai lielāku izturību pret sēņu infekciju.

Literatūras saraksts

Ahmadpour, S.A., Farokhinejad, R. and Mehrabi-Koushki, M. 2017. Further characterization and pathogenicity of *Didymella microchlamydospora* causing stem necrosis of *Morus nigra* in Iran. *Mycosphere* 8(7), 835-852.

Aldrete, A., Hernández, J. J., & Aguilera-Rodríguez, M. (2020). Outplanting performance of *Pinus patula* Schltdl. & Cham. as an effect of root pruning and containers used in the nursery | Crecimiento en campo de *Pinus patula* Schltdl. & Cham. como efecto de la poda radicular y los contenedores utilizados en vive. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 26(2), 307–319. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2019.07.055>

Arhipova, N. 2012. Heart rot of spruce and alder in forests of Latvia. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, 48pp.

Basim, E., Basim, H., Abdulai, M., Baki, D. and Örtürk, N. 2016. Identification and characterization of *Didymella bryoniae* causing gummy stem blight disease of watermelon (*Citrullus lanatus*) in Turkey. *Crop Protection* 90, 150-156.

Berezovska, D., Oszako, T. K., Malewski, T., Stocki, M., Marozau, A., Stocka, N., Moser, W.K., Baggett, S.L., Belbahri, L., Nowakowska, J.A. 2021. Effect of defoliation on the defense reactions of Silver Birch (*Betula pendula*) infected with *Phytophthora plurivora*. *Forests*, 12(7):1-20.

Bilodeau-Gauthier, S., Paré, D., Messier, C., & Bélanger, N. (2013). Root production of hybrid poplars and nitrogen mineralization improve following mounding of boreal Podzols. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(12), 1092–1103. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0338>

Celma, S., Blate, K., Lazdiņa, D., Dūmiņš, K., Neimane, S., Štāls, T. A., & Štikāne, K. (2019). Effect of soil preparation method on root development of *P. sylvestris* and *P. abies* saplings in commercial forest stands. *New Forests*, 50(2), 283–290. <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9654-4>

Green, S. 2004. Fungi associated with shoots of silver birch (*Betula pendula*) in Scotland. *Mycological Research* 108, 1327-1330.

Green, S. and MacAskill, G.A. 2007. Pathogenicity of *Marssonina betulae* and other fungi on birch. *Plant Pathology* 56, 242–250.

Grossnickle, S. C., & El-Kassaby, Y. A. (2016). Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. In *New Forests*. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9476-6>

Hanso, M. and Drenkhan, R. 2010. Two new Ascomycetes on twigs and leaves of Silver birches (*Betula pendula*) in Estonia. *Folia Cryptog Estonica*, Fasc 47, 21-26.

Khuder, H., Stokes, A., Danjon, F., Gouskou, K., & Lagane, F. (2007). Is it possible to manipulate root anchorage in young trees? *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9232-6>

Krasowski, M. J. (2003). Root system modifications by nursery culture reflect on post-planting growth and development of coniferous seedlings. *Forestry Chronicle*, 79(5), 882–891. <https://doi.org/10.5558/tfc79882-5>

Kula, E. and Zabecka, J. 2001. Influence of elevation on the structure of phytophages and fungal pathogens of birch (*Betula pendula* Roth) leaves in the Ore Mts. *Journal of Forest Sciences* 47, 104-109.

Liepa, I. 2018. *Meža taksācija*. Jelgava: Avots. 238 lpp.

Lilja, A., Lilja, S., Kurkela, T. and Rikala, R. 1997. Nursery practices and management of fungal diseases in forest nurseries in Finland. *Silva Fennica* 31: 79-100.

Lilja, A., Rikala, R., Hietala, A., Heinonen, R. 1996. Stem lesions on *Betula pendula* seedlings in Finnish forest nurseries and the pathogenicity of *Phytophthora cactorum*. *European Journal of Forest Pathology*, 26(2): 89-96.

Lygis, V., Vasiliauskas, R. and Stenlid, J., 2004. Planting *Betula pendula* on pine sites infested by *Heterobasidion annosum*: disease transfer, silvicultural evaluation, and community of wood-inhabiting fungi. *Canadian Journal of Forest Research*, 34 (1): 120-130.

Matsiakh, I., Kramarets, V. and Cleary, M. 2021. Occurrence and diversity of *Phytophthora* species in declining broadleaf forests in western Ukraine. *Forest Pathology*, 51(1): 1-12.

Mauer, O., Palatova, E. 2003. The role of root system in silver birch (*Betula pendula* Roth) dieback in the air-polluted area of Krušné hory Mts. *Journal of Forest Science*, 49(5): 191-199.

Nouri, M.T., Lawrence, D.P., Holland, L.A., Doll, D.A., Kallsen, C.E., Culumber, C.M. and Trouillas, F.P. 2019. Identification and pathogenicity of fungal species associated with canker disease of pistachio in California. *Plant Disease* 10, 2397-2411.

Pfeifer, A. (1982). Factors that contribute to basal sweep in lodgepole pine. *Irish Forestry*, 39(1), 7–16.

Piri, T. 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology*, 26(4): 193-204.

Rishbeth, J. 1982. Species of *Armillaria* in southern England. *Plant Pathology*, 31(1): 9-17.

Rune, G. (2003). Slits in container wall improve root structure and stem straightness of outplanted Scots pine seedlings. *Silva Fennica*. <https://doi.org/10.14214/sf.493>

Warensjö, M., & Rune, G. (2004). Stem straightness and compression wood in a 22-year-old stand of container-grown Scots pine trees. *Silva Fennica*. <https://doi.org/10.14214/sf.424>