



PĀRSKATS
PAR 2024. GADA PĒTĪJUMA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA
NOSAUKUMS:

**Pētījumi meža koku sugu sēklkopības
atbalstam**

Līguma Nr.

5-5.9.1_0080_101_21_86

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS
VADĪTĀJS:

ĀRIS JANSONS, LVMI Silava vadošais pētnieks

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

Salaspils, 2024

Anotācija

Visi darbi veikti saskaņā ar plānoto, sasniedzot 4. pētījuma etapa mērķus.

1. Ozola un liepas selekcijas materiāla un perspektīvu novērtējums

Veikta plānotā 2 eksperimentālo stādījumu uzmērīšana, kā arī pluskoku atlase liepu audzēs.

2. Dižskābarža selekcijas attīstība.

Ievākti un LVM Sēklas un stādi nodoti potzari no atlasītajiem dižskābarža pluskokiem paredzētajā apjomā. Ievākti paraugi dižskābaržu ģenētiskās daudzveidības analīzēm 2 audzēs, veikta analīze, sagatavota publikācija. Nodrošināta dižskābaržu audžu telpiskās struktūras analīze.

3. Klinškalnu priedes selekcijas un mežsaimniecības perspektīvu novērtējums.

Izvēlēta metodika un objekti, veikta sākotnējā Klinškalnu priedes invazitātes novērtēšana.

4. Selekcijas ietekmes novērtējums uz meža ģenētisko daudzveidību.

Bioloģiskās daudzveidības indikatoru noteikšanai ievākti zemsedzes veģetācijas dati 4 zema biežuma āra bērza audzēs.

5. Egles sēklu ražas kāpināšanas metožu aprobācija.

Nodrošināts eksperimenta dizains, rametu uzmērīšana aizsardzības efektivitātes pret rūsū testiem ar diviem fungicīdiem, čiekuru ievākšana un analīze.

6. Metožu klimata noturīgu genotipu atlasei selekcijā attīstība.

Veikta manuskripta sagatavošana par stumbra defektu attīstības dinamisku egļu klonu stādījumos.

Abstract

All planned tasks had been completed, and the goals for this stage of the project were achieved.

1. Assessment of breeding materials for oak and linden.

Planned two oak progeny trials had been measured and linden plus trees selected.

2. Development of European beech breeding.

Scions were collected from plus trees for grafting to ensure seed production and delivered to LVM Seeds and plants. To test the genetic diversity of beech, samples were collected in 2 stands and analysed; a publication was prepared. Three stands were measured to characterize structural diversity.

3. Assessment of lodgepole pine breeding and silviculture.

The methodology had been prepared, and an initial assessment of the invasiveness of lodgepole pine was ensured.

4. Assessment of the effect of tree breeding on the genetic diversity of forest trees.

Data on ground-cover vegetation had been collected in 4 low-density silver birch stands to assess biological diversity.

4. Assessment of the effect of tree breeding on the genetic diversity of forest trees.

Data on ground-cover vegetation had been collected in 4 low-density silver birch stands to assess biological diversity.

5. Approbation of seed crop stimulation methods for Norway spruce.

An experimental design to test two different fungicide applications in an industrial-scale seed orchard had been prepared; an experiment was carried out. Cones had been collected and assessed.

6. Development of methods for selection of climate resilient genotypes in tree breeding.

A manuscript covering the re-evaluation of clone plantations of Norway spruce to characterize the development dynamics of trunk defects was carried out.

Saturs

Anotācija.....	2
Abstract.....	3
Attēlu saraksts.....	5
Tabulu saraksts.....	6
Simboli un saīsinājumi.....	6
4. etapa darba uzdevumi un to izpilde	7
1. Ozola un liepas selekcijas materiāla un perspektīvu novērtējums.....	9
1.1. Ozolu pēcnācēju pārbaužu uzmērīšana	9
1.2. Liepu provenienču vērtēšana.....	13
2. Dižskābarža selekcijas attīstība.....	15
2.1. Dižskābarža audžu vērtējums un sēklu bāzes nodrošināšana.....	15
2.2. Dižskābarža provenienču raksturojums	16
2.3. Dižskābarža audzēšanas risku analīze.....	17
3. Klinškalnu priedes selekcijas un mežsaimniecības perspektīvu novērtējums	19
4. Selekcijas ietekmes novērtējums uz meža ģenētisko daudzveidību	27
4.1. Bioloģiskās daudzveidības indikatoru datu ievākšana un analīze.....	27
5. Egļu sēklu ražas kāpināšanas metožu aprobācija.....	32
6. Metožu klimata noturīgu genotipu atlasei selekcijā attīstība.....	39

Attēlu saraksts

- 1.1.1. attēls. Ozolu pēcnācēju pārbaužu stādījuma shēma eksperimentā Nr.68 Rembates pagasta "Vecrumbās".
- 1.1.2. attēls. Ģimeņu selekcijas starpības BLUP vērtības stumbra caurmēram un kopējai stumbra kvalitātei ozolu pēcnācēju pārbaužu stādījumā MPS Jelgavas MN.
- 1.2.1. attēls. Liepu audžu izvietojums, kurās veikta pluskoku atlase bezlapu periodā.
- 1.2.2. attēls. Liepu pluskoki.
- 2.1.1. attēls. Dižskābarža pluskoku potējumi.
- 2.2.1. attēls. Dižskābarža audžu koku telpiskā struktūras rādītāji sajaukšanās indeksu (Mi), izmēra diferenciacijas indeksu (Ti) un koku agregācijas indeksu (Wi).
- 2.3.1. attēls. Vērtētās un salīdzināšanai izmantotās dižskābaržu audzes.
- 3.1. attēls. Skujkoku izplatības diagramma agrīnā (a) un sekundārajā (b) invāzijas stadijā (pēc Langdon, et al., 2010).
- 3.2. attēls. *Pinus contorta* audzes Latvijā, kurās veikta sējeņu dabiskās atjaunošanās uzskaitē.
- 3.3. attēls. *Pinus contorta* sējeņu uzskaitē ierīkoto transekšu un parauglaukumu shēma.
- 4.1.1. attēls. Zema biežuma un kontroles (augstāka biežuma) egļu un bērzu audžu izvietojums.
- 4.1.2. attēls. Veģetācijas transektes shēma un izvietojums attiecībā pret kokaudzes uzmērīšanas parauglaukumu.
- 4.1.3. attēls. Vidējais kopējais audzes šķērslaukums (m²/ha) apsekotajos zemas biežības bērzu mežu nogabalos.
- 4.1.4. attēls. Vidējais kopējais audzes biežums (koki/ha) apsekotajos zemas biežības bērzu mežu nogabalos.
- 4.1.5. attēls. Nogabalu salīdzinājums pēc sugu skaita atkarībā no piederības sugu skaita kategorijai (kopējais; lakstaugu stāvā; koku un krūmu stāvā; sūnu un ķērpju stāvā).
- 5.1. attēls. Apstrādes ar fungicīdu veikšana egļu sēklu plantācijā "Šarlotes - 3".
- 5.2. attēls. Ar fungicīdu Topas 100 EC (dzeltens) un Conclude AZT (brūns) apstrādāto platību izvietojums egļu sēklu plantācijā "Šarlotes - 3".
- 5.3. attēls. Ievu-egļu rūsas sēne ecīdiju stadijā. A – ar rūsas sēni inficēts čiekurs, kuram ir plaši atvērtas sēklzvēņas, uz kurām izveidojušās rūsas sēnes ecīdijas. B – čiekuru sēklzvēņas ar ievu-egļu rūsas sēņu ecīdijām dažādās to attīstības stadijās.
- 5.4. attēls. Čiekuri ar plaši (A) vai daļēji (B) atvērtām sēklzvēņām pēc žāvēšanas.
- 5.5. attēls. Egļu čiekuru sviļņa (*Dioryctria abietella*) bojāti čiekuri ar plaši atvērtām sēklzvēņām pēc žāvēšanas.
- 5.6. attēls. Čiekuru relatīvā inficētība (%) ar rūsas sēni un čiekuru svilni atkarībā no apstrādes varianta.
- 5.7. attēls. Čiekuru relatīvā inficētība (%) ar rūsas sēni un čiekuru svilni atkarībā no egļu klona.
- 6.1. attēls. Egles stumbra defekts un vērtēto klonu stādījumu izvietojums.

Tabulu saraksts

- 0.1. tabula. Etapa darba uzdevumi un to izpilde
- 1.1.1. tabula. Ģenētisko parametru vērtības ozolu pēcnācēju pārbaužu stādījumā MPS Jelgavas MN.
- 1.1.2. tabula. Ģenētisko parametru vērtības ozolu pēcnācēju pārbaužu stādījumā Rembates pagasta “Vecrumbās”.
- 1.1.3. tabula. Selekcijas starpības BLUP vērtības ozolu pēcnācēju pārbaužu stādījumā MPS Jelgavas MN, ranžētas pēc BLUP vērtības caurmēram.
- 1.2.1. tabula. Atlasītās liepu audzes ar pluskokiem.
- 2.3.1. tabula. Ģenētiskās daudzveidības rādītāji dižskābaržu audzēs.
- 3.1. tabula. Uzskaitīto sējeņu raksturojums klinškalnu priedes audzēs un ārpus tām.
- 3.2. tabula. Lineārā jaukta efekta statistiskā modeļa ANOVA tabula, kas apraksta klinškalnu priedes sējeņu biežumu ietekmējošos faktoros.
- 4.1.1. tabula. Etapā uzmērīto zema biežuma bērzu mežaudžu uzskaitījums.
- 5.1. tabula. Ievākto čiekuru skaita sadalījums pa kloniem, apstrādes variantiem, kā arī rūsas un sviļņa sastopamība tajos.
- 5.2. tabula. Analizēto čiekuru sadalījums pa apstrādes variantiem un novērtētajiem parametriem.
- 5.3. tabula. Jaukta vispārināta modeļa fiksēto efektu Hī kvadrāta vērtības un to būtiskums saistībā ar rūsas sastopamību egļu čiekuros. (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$).
- 5.4. tabula. Jaukta vispārināta modeļa fiksēto efektu Hī kvadrāta vērtības un to būtiskums saistībā ar egļu čiekuru sviļņa sastopamību egļu čiekuros. (* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$).

Simboli un saīsinājumi

LVM – Latvijas valsts meži
MN – meža novads
MPS – Meža pētīšanas stacija

4. etapa darba uzdevumi un to izpilde

0.1.tabula.

4. etapa darba uzdevumi un to izpilde

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika (pētījums, darbs)	Izpilde
1. Ozola un liepas selekcijas materiāla un perspektīvu novērtējums		
1.1.Eksperimentu uzmērīšana	<p>Darbu nolūks: veikt ozolu pēcnācēju pārbaucēju stādījumu uzmērīšanu</p> <p>Lauka darbu laikā: veikta 2 stādījumu uzmērīšana: augšanu un stumbra kvalitāti raksturojošās pazīmes</p> <p>Kamerālo darbu laikā: veikta rezultātu sākotnējā analīze, labāko ģimeņu atlase</p>	Veikta paredzētā divu stādījumu uzmērīšana un datu analīze.
1.2.Provenienču vērtēšana	<p>Darbu nolūks: veikt liepu audžu fenotipisko novērtējumu, nodrošinot pluskoku atlasi sēklu plantācijai un to atzīmēšanu dabā</p> <p>Lauka darbu laikā: veikt pluskoku atlasu, lai nodrošinātu plašāku iespējami labākā Latvijā atrodamā šīs koku sugas ģenētiskā materiāla pārstāvētību selekcijas populācijā</p> <p>Kamerālo darbu laikā: saskaņot izvēlētos reģionu un audzes.</p>	Liepu audzes Latvijas ziemeļu daļā izvēlētas pēc Valsts meža dienesta un LVM datu bāzu informācijas, apsekotas, izvēlēti pluskoki 6 no tām.
2. Dižskābarža selekcijas attīstība		
2.1.Dižskābarža audžu vērtējums un sēklu bāzes nodrošināšana	<p>Darbu nolūks: veikt potzaru ievākšanu no izvēlētajiem pluskokiem</p> <p>Lauka darbu laikā: veikt potzaru ievākšanu plānotā no iepriekšējā etapā izvēlētajiem pluskokiem</p> <p>Kamerālo darbu laikā: nav plānoti</p>	Veikta plānotā potzaru ievākšana. Potēšanu nodrošina LVM Sēklas un stādi.
2.2.Dižskābarža provenienču raksturojums	<p>Darbu nolūks: raksturot dižskābaržu augšanas gaitu</p> <p>Lauka darbu laikā: veikt mērījumus 2 audzēs LVM</p> <p>Kamerālo darbu laikā: veikt ievākot datu kompleksu analīzi</p>	Veikti mērījumi 3 audzēs un sagatavots pārskats, raksturojot audžu struktūru
2.3.Dižskābarža audzēšanas risku analīze	<p>Darbu nolūks: veikt dižskābaržu audzēšanas risku analīzi: ģenētiskās daudzveidības raksturošanu.</p> <p>Lauka darbu laikā: veikt paraugu ievākšanu</p> <p>Kamerālo darbu laikā: sagatavoto (retināto) sēklu audžu (2) ģenētiskās daudzveidības novērtējums.</p>	Ievākti paraugi ģenētiskajām analīzēm 2 audzēs, veiktas analīzes, rezultāti integrēti publikācijā

Darba uzdevums	Pamatojums, darbības un metodika (pētījums, darbs)	Izpilde
3. Klinškalnu priedes selekcijas un mežsaimniecības perspektīvu novērtējums		
3.1.Pēcnācēju pārbaudes stādījumu uzmērīšana	<p>Darbu nolūks: ietekmes uz bioloģisko daudzveidību – invāzijas riska – novērtējums un audzēšanas perspektīvu finansiālais raksturojums</p> <p>Lauka darbu laikā: Invāzijas riska raksturojumam vajadzīgo datu ieguve</p> <p>Kamerālo darbu laikā: Sagatavots riska novērtējums un audzēšanas finansiālais novērtējums</p>	Sagatavota metodika invāzijas riska novērtējumam, izvēlēti objekti, ievākti dati un veikta sākotnējā analīze
4. Selekcijas ietekmes novērtējums uz meža ģenētisko daudzveidību		
4.1. Bioloģiskās daudzveidības indikatoru datu ievākšana un analīze	<p>Darbu nolūks: nodalīt selekcijas (un reprodiktīvā materiāla veida), atjaunošanas veida ietekmi no audzes parametru ietekmes uz bioloģisko daudzveidību</p> <p>Lauka darbu laikā: Datu ieguve stādījuma biežuma ietekmes raksturošanai uz veģētācijas daudzveidību (4 audzes)</p> <p>Kamerālo darbu laikā: šajā etapā ievākto datu analīze.</p>	Veikts veģētācijas novērtējuma parauglaukumu ierīkošana āra bērzu zema biežuma mežaudzēs sausieņos un šajā etapā ievākto datu apstrāde.
5. Egles sēkļu ražas kāpināšanas metožu aprobācija		
5.1.Egles čiekuru rūsas patogēnu analīze un darba plāna realizācija	<p>Darbu nolūks: novērtēt iespējamās metodes egles čiekuru rūsas patogēnu klātbūtnes mazināšanai sēkļu plantācijās</p> <p>Lauka darbu laikā: Eksperimenta ierīkošana, čiekuru ievākšana un analīze saskaņā ar sagatavoto plānu.</p> <p>Kamerālo darbu laikā: šajā etapā ievākto datu analīze.</p>	Sadarbībā ar LVM Sēklas un stādi nodrošināta pētījuma metodikas sagatavošana un egļu apstrāde ar diviem preparātiem sēkļu plantācijā “Šarlotes-3”
6. Metožu klimata noturīgu genotipu atlasei selekcijā attīstība		
6.1.Metožu klimata noturīgu genotipu atlasei selekcijā attīstība	<p>Darbu nolūks: raksturot egļu stumbra defektu attīstības dinamiku egles klonu stādījumos.</p> <p>Lauka darbu laikā: nav plānoti</p> <p>Kamerālo darbu laikā: Publikācijas sagatavošana par 3 etapa rezultātiem.</p>	Sagatavots publikācijas “Development dynamics of stem defect of Norway spruce” manuskripts žurnālam “Baltic Forestry”

1. Ozola un liepas selekcijas materiāla un perspektīvu novērtējums

Pamatojums

Ozolam un liepai ir nozīmīga loma bioloģiskās daudzveidības uzturēšanā, tādēļ šo koku sugu stādījumu veidošana var būt viens no risinājumiem labai tuvākas mežsaimniecības sistēmā kā meža masīva, tā audzes līmenī. Tas var būt iespējams, dabas aizsardzībā mainot pieeju no primitīvās “neko nedarīšanas iespējami lielākā platībā” uz mērķtiecīgu bioloģiskās daudzveidības elementu aizsardzību, kas vairākumā gadījumu ir kombinējama ar saimniecisko darbību. Šādas pieejas nodrošināšanai stādījumos būtiski izmantot vietējos ģenētiskos resursus – tāad saglabāt vietējo populāciju ģenētisko savdabību. Vienlaikus nozīmīga ir arī koku stumbra kvalitātes un ātraudzības kāpināšana, nodrošinot iespējami augstāko saimniecisko efektu.

Tādēļ šīs pētījuma sadaļas kopējais mērķis ir nodrošināt ozola pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšanu un analīzi, kā arī ozola un liepas provenienču analīzi, sagatavojot rekomendācijas par šo koku sugu selekcijas perspektīvām un materiālu (genotipu) turpmākam selekcijas un sēklkopības darbam.

1.1. Ozolu pēcnācēju pārbaužu uzmērīšana

Aktivitātes mērķis ir nodrošināt 2 ozola pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšanu, ģenētisko parametru analīzi un labāko ģimeņu atlasī. Noslēguma etapā paredzēta vēl 2 stādījumu uzmērīšana un visu datu kompleksa analīze, rekomendējot piemērotākās ģimenes sēklu plantācijas ierīkošanai.

Šajā etapā veikta plānotā ozolu pēcnācēju pārbaužu stādījumu uzmērīšana - MPS Jelgavas MN (1.1. att.) un Rembates pagasta “Vecrumbās”, kopumā 18 ģimenes, bet visas nav pārstāvētas abās stādījuma vietās, mērījumi 2–4 atkārtojumos, 26 gadu vecumā.

Uzmērītās pazīmes: augstums, caurmērs, stumbra taisnums (5 ballu skalā), padēlu klātbūtne (skaits), 2 galotņu klātbūtne, zaudētas galotnes klātbūtne, kopējais kvalitātes vērtējums (5 ballu skalā), zarojuma kvalitāte (5 ballu skalā).

Iedzīstamības koeficienta vērtība analizētajos stādījumos kopumā bija zema gan koku augšanu, gan stumbra kvalitāti raksturojošām pazīmēm (1.1.1. un 1.1.2. tab.), liecinot par samērā augstu apstākļu heterogenitāti katra stādījuma ietvaros. Salīdzinoši augsts iedzīstamības koeficients $h^2 = 0,25$ un aditīvā ģenētiskā efekta noteiktais variācijas koeficients $CVa = 25,0\%$ konstatēts caurmēram MPS Jelgavas MN stādījumā. Labāko ģimeņu (Nr. 517, 789 un 790) atlase nodrošina produktivitātes pārkumu, vienlaikus nedaudz uzlabojot arī kopējo stumbra kvalitāti (1.1.2. tab., 1.1.2. att.).

555	518	512	552	559.549	524.562	M
Ziem.	Pel.	Dun.	Skr.m.	Jumpr.	Apr.	Aizpild.mix
43	44	45	46	47	48	49
519	551.554	517	556	555	512	538.533
Svir.	Skr. 321	Lub.	Dik.	Ziem.	Dun.	Vald.
42	41	40	39	38	37	36
559.549	538.533	524.562	518	552	513	519
Jumpr.	Vald.	Apr.	Pel.	Skr.m.	Rudb.	Svir.
29	30	31	32	33	34	35
552	556	513	538.533	519	517	512
Skr.m.	Dik.	Rudb.	Vald.	Svir.	Lub.	Dun.
28	27	26	25	24	23	22
513	524.562	517	512	552	556	518
Rudb.	Apr.	Lub.	Dun.	Skr.m.	Dik.	Pel.
15	16	17	18	19	20	21
556	538.533	551.554	518	555	559.549	552
Dik.	Vald.	Skr. 321	Pel.	Ziem.	Jumpr.	Skr.m.
14	13	12	11	10	9	8
552	559.549	519	555	517	524.562	513
Skr.m.	Jumpr.	Svir.	Ziem.	Lub.	Apr.	Rudb.
1	2	3	4	5	6	7

1.1.1. attēls. Ozolu pēcnācēju pārbaūžu stādījuma shēma eksperimentā Nr.68 Rembates pagasta “Vecrumbās”.

1.1.1. tabula.
Ģenētisko parametru vērtības ozolu pēcnācēju pārbaūžu stādījumā MPS Jelgavas MN.

Koka raksturlielums	h^2	SE	CVa , %
Augstums, m	0,08	0,27	10,2
Caurmērs, cm	0,25	0,23	25,0
Stumbra taisnums, ballēs	0,03	0,09	4,5
Kopējais kvalitātes vērtējums, ballēs	0,06	0,08	5,8
Zarojuma kvalitātes vērtējums, ballēs	0,001	0,054	0,9
Padēla klātbūtne	0,02	0,03	
Dubultas galotnes klātbūtne	0,05	0,11	
Zaudētas galotnes klātbūtne	0,0	0,01	

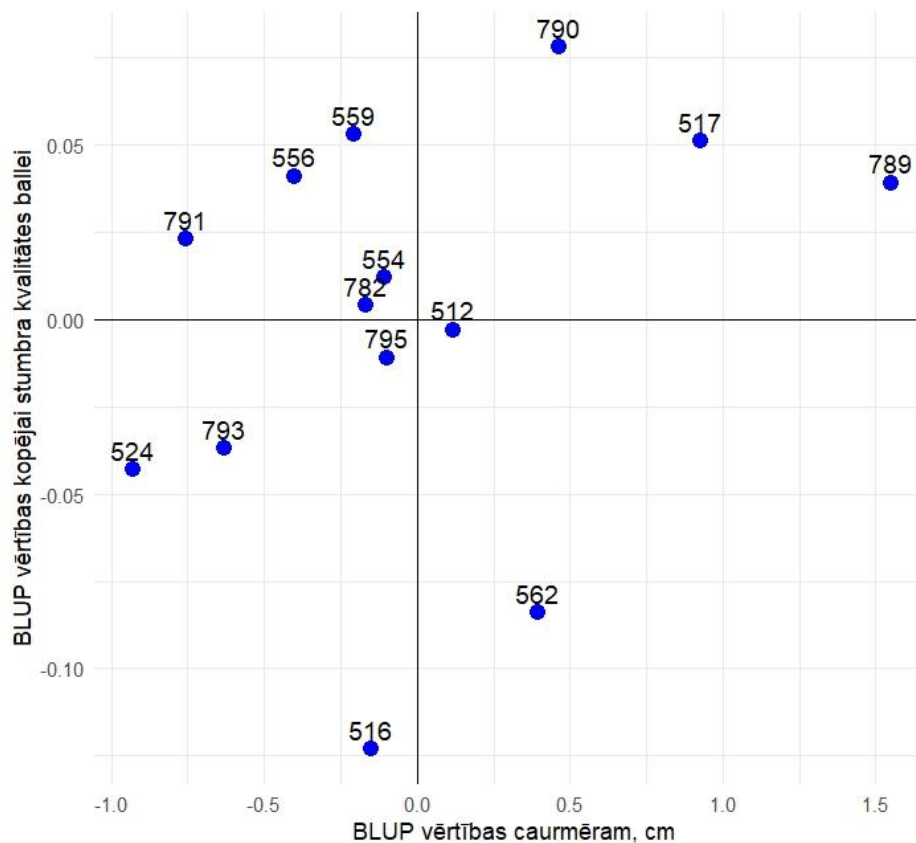
h^2 – iedzimstamības koeficients, SE – standartkļūda, CVa – aditīvā ģenētiskā efekta noteiktās variācijas koeficients

1.1.2. tabula.

Ģenētisko parametru vērtības ozolu pēcnācēju pārbaužu stādījumā Rembates pagasta “Vecrumbās”.

Koka raksturlielums	h^2	SE	CVa , %
Augstums, m	0,04	0,15	5,12
Caurmērs, cm	0,03	0,05	7,9
Stumbra taisnums, ballēs	0,09	0,10	8,6
Kopējais kvalitātes vērtējums, ballēs	0,06	0,07	5,7
Zarojuma kvalitātes vērtējums, ballēs	0,06	0,09	6,2
Padēla klātbūtne	0,01	0,01	
Dubultas galotnes klātbūtne	0,02	0,02	
Zaudētas galotnes klātbūtne	0,002	0,007	

h^2 – iedzimstamības koeficients, SE – standartkļūda, CVa – aditīvā ģenētiskā efekta noteiktās variācijas koeficients



2.1.2. attēls. Ģimeņu selekcijas starpības BLUP vērtības stumbra caurmēram un kopējai stumbra kvalitātei ozolu pēcnācēju pārbaužu stādījumā MPS Jelgavas MN.

1.1.3. tabula.

Selekcijas starpības BLUP vērtības ozolu pēcnācēju pārbaūžu stādījumā MPS Jelgavas MN, ranžētas pēc BLUP vērtības caurmēram.

Ģimene	Augstums, m	Caurmērs, cm	Stumbra taisnuma balle*	Zarojuma kvalitātes balle*	Kopējā stumbra kvalitātes balle*	Padēlu klātbūtne*	Dubultu galotņu klātbūtne*
789	0,379	1,549	0,015	0,001	0,039	-0,059	0,001
517	0,269	0,925	0,003	0,000	0,051	-0,033	-0,004
790	0,087	0,462	0,028	-0,002	0,078	-0,017	-0,008
562	0,095	0,395	-0,021	0,000	-0,084	-0,012	-0,015
512	0,013	0,117	-0,017	-0,003	-0,003	0,019	0,000
795	-0,013	-0,099	0,003	0,000	-0,011	0,013	-0,004
554	-0,002	-0,106	0,021	0,002	0,012	0,007	0,007
516	-0,064	-0,149	-0,055	0,002	-0,123	-0,008	-0,009
782	-0,097	-0,167	-0,009	-0,001	0,004	0,017	-0,009
559	-0,034	-0,207	0,030	0,001	0,053	-0,013	0,005
556	-0,090	-0,403	0,027	-0,001	0,041	-0,003	0,002
793	-0,183	-0,630	-0,022	0,001	-0,037	0,041	0,006
791	-0,145	-0,757	0,011	0,000	0,023	-0,002	0,003
524	-0,217	-0,929	-0,015	0,000	-0,043	0,021	0,009

*BLUP vērtības ar negatīvu zīmi norāda uz pēc būtības negatīvu selekcijas starpību (piemēram, negatīva BLUP vērtība padēlu klātbūtnei nozīmē palielinātu koku ar šo stumbra defektu īpatsvaru)

1.2. Liepu provenienču vērtēšana

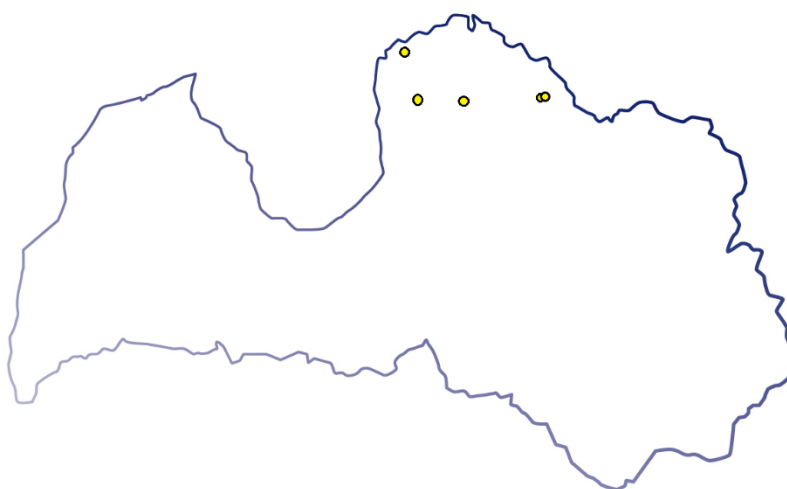
Aktivitātes mērķis šajā etapā ir veikt liepas pluskoku atlasīšanu, lai nodrošinātu plašāku iespējami labākā Latvijā atrodamā šīs koku sugas ģenētiskā materiāla pārstāvētību selekcijas populācijā.

Liepu audzes Latvijas ziemeļu daļā izvēlētas pēc Valsts meža dienesta un LVM datu bāzu informācijas. Apsekotas, novērtējot atbilstību aprakstam un vispārējo kvalitāti un izvēlētas vietas pluskoku atlasīšanai. Ziemas (bezlapu) periodā, kad iespējami precīzāka stumbra un zarojuma pazīmju novērtēšana (1.2.1. tab., 1.2.1., 1.2.2. att.) 6 no tām izvēlēti pluskoki.

1.2.1. tabula.

Atlasītās liepu audzes ar pluskokiem

Kvapg.	Kv.	Nog.	Komentāri
401	99	3	Audzē, kas ir vistālāk uz Ziemeļiem. Var piebraukt no Z puses, 3 koki
Rīgas meži Katrinās	17	1	2 koki
406	160	1	Ceļa malā, ir daudz koku, kuriem ir vairāki stumbri – iespējams, atvasājs. 2 koki – izteikti laba stumbra kvalitāte.
102	210	3;7;22	3 koki.
102	210	53	1 koks
102	209	15	Augsta stumbra kvalitāte audzē kopumā



1.2.1. attēls. Liepu audžu izvietojums, kurās veikta pluskoku atlasīšana bezlapu periodā.



3.2.2. attēls. Liepu pluskoki.

2. Dižskābarža selekcijas attīstība.

Pamatojums

Klimata pārmaiņu rezultātā sagaidāms, ka Eiropas dižskābarža dabiskās izplatības areāls ietvers arī Baltijas reģionu, kur tas kļūs par ekoloģiski un ekonomiski vērtīgu koku sugu (Fortu, 2023; Jansone et al., 2023; Hickler et al. 2012). Dižskābarža nākotnes potenciālu jau šobrīd atspoguļo tā produktivitāte, adaptācija un pašatjaunošanās sugas vistālāk ziemeļaustrumos esošajos stādījumos Latvijā (Matisons et al., 2018; Puriņa et al., 2016; Jansons et al., 2015). Tādēļ ir svarīgi novērtēt apsaimniekošanas metožu efektivitāti un selekcijas potenciālu, īpaši attiecībā uz sala un pavasara salnu ietekmes mazināšanu jauniem kokiem, kas ir viens no galvenajiem sugas izplatības limitējošajiem faktoriem ziemeļu reģionā (Weigel et al., 2018). Lai raksturotu sugas saimniecisko potenciālu, nepieciešams arī apzināt vietējā stādmateriāla reakciju uz dažādu apsaimniekošanas metožu pielietošanu un novērtēt ietekmi uz bioloģiskās daudzveidības elementiem.

2.1. Dižskābarža audžu vērtējums un sēkļu bāzes nodrošināšana

Aktivitātes mērķi šajā etapā ir nodrošināt sēkļu bāzes izveidi, veicot potzaru ievākšanu no izvēlētajiem pluskokiem.

Ievākti un LVM Sēklas un stādi nodoti potzari no atlasītajiem dižskābarža pluskokiem paredzētajā apjomā: 24 kloni, vismaz 10 rameti no katra klona (2.1.1. att.). Šajā sezonā potējumu pieaugšanas sekmes bijušas labas, tomēr tālāka potējumu attīstība nē (plantācijai būs pieejami kopumā 115 rameti), tādēļ nākamā etapā ziemas periodā (2025. gada 1. ceturksnī) plānots darbu turpināt.



2.1.1. attēls. Dižskābarža pluskoku potējumi.

2.2. Dižskābarža provenienču raksturojums

Aktivitātes mērķis ir raksturot dižskābarža audzēšanas potenciālu, pamatojoties uz mežaudzēs Latvijā šī pētījuma ietvaros ievāktiemiem datiem. Etapā veikta audžu atlase pēc datu bāzu informācijas, apsekošana, trīs audžu uzmērīšana (vairāk, nekā plānots) un to telpiskās struktūras raksturošana.

Mežaudžu struktūras novērtēšanā tika izmantota tuvāko kaimiņu statistika (NNS), lai analizētu koku agregāciju, sugu sajaukšanos un diametru diferenciaciju, balstoties uz Gadow un Hui (2002) izstrādāto un Pommerenings u.c. (2006, 2011) pilnveidoto metodiku. Telpiskās struktūras novērtējumam tika aprēķināti sugu sajaukšanās (M_i), lieluma diferenciacijas (T_i) un agregācijas (W_i) indeksi, kas kvantitatīvi apraksta telpiskās attiecības starp mērķa koku un tā tuvākajiem kaimiņiem, nodrošinot detalizētu ieskatu meža struktūrā un dinamiskajās attiecībās.

Sugu sajaukšanās indekss M_i definēts, kā telpiskās attiecības starp četriem blakus esošo koku sugām. Šis indekss tika aprēķināts konkrētam kokam (i), novērtējot tā kaimiņu īpatsvaru, kas pieder dažādām sugām, izmantojot funkciju (Gadow u.c., 1998):

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (1)$$

kur i ir mērķa koks; j ir koka i tuvākais kaimiņš; n ir analizē ņemto tuvāko kaimiņu skaits (šajā gadījumā 4); $V_{ij} = 1$, ja sugas $i \neq$ sugas j , pretējā gadījumā $V_{ij} = 0$. Sajaukšanās indeksa rezultāts ir 0, ja visi 4 kaimiņi ir no vienas sugas kā mērķa koks, un 1, ja visi kaimiņi ir no dažādām sugām.

Lai novērtētu koku dimensiju nevienlīdzību mērķa koka tuvumā, tika aprēķināts izmēru diferenciacijas indeksu T_i . Izmēru diferenciacijas indekss (T_i) tiek definēts kā vidējā attiecība starp mazāko un lielāko tuvāko kaimiņu (k) DBH, kas tiek atņemts no viens:

$$T_i^{(k)} = 1 - \sum_{j=1}^k \frac{\min(DBH_i, DBH_j)}{\max(DBH_i, DBH_j)}; \quad T_i \in [0, 1] \quad (2)$$

kur DBH = diametrs krūšu augstumā (cm); i apzīmē mērķa koku; j ir koka i tuvākais kaimiņš; un k ir mērķa kokam tuvāko koku skaits. Izmēru diferenciacijas indeksa aprēķināšanai izmantojam $k = 1$. T_i vērtības, kas aprēķinātas, izmantojot šo formulu, svārstās diapazonā no 0 līdz 1.

Lai raksturotu koku telpisko izvietojumu audzē tika aprēķināts koku agregācijas indekss W_i (Gadow u.c., 1998). Agregācijas indekss W_i raksturo koku horizontālā izkārtojuma regularitātes pakāpi starp mērķa koku i un tā 4 tuvākajiem kaimiņiem. Indeks tiek definēts kā to leņķu (α) proporcija, kas ir mazāki par standarta leņķi α_0 . Paredzamais α_0 starp 2 kaimiņiem, izmantojot mērķa koku kā leņķa virsotni, ir vienāds ar $360^\circ / (n + 1)$, kur n ir mērķa kokam atlasīto tuvāko kaimiņu skaits.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{ij}, \quad (3)$$

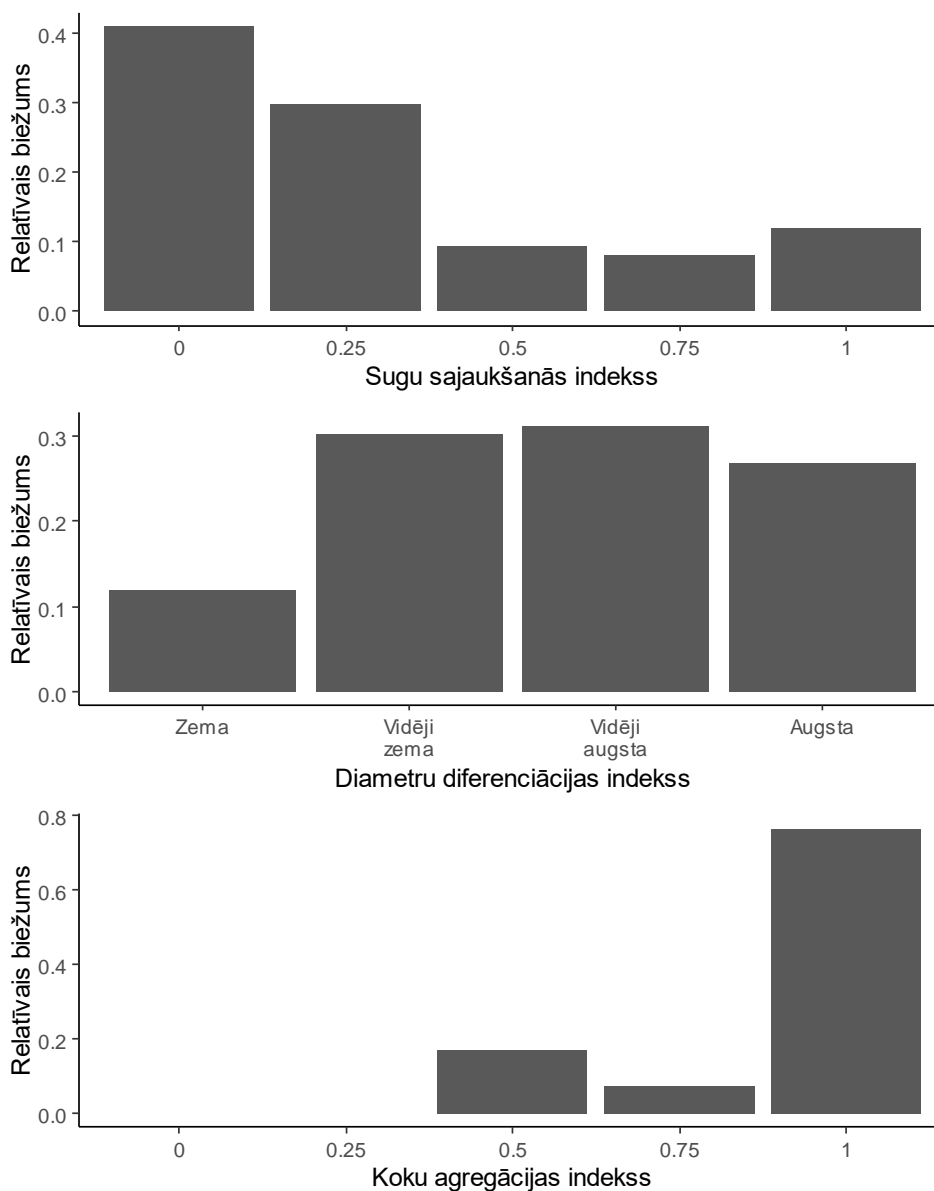
kur i ir mērķa koks; j ir koka i tuvākais kaimiņš; $V_{ij} = 1$, ja $\alpha_j < 72^\circ$ (α_j = horizontālais leņķis starp analizēto kaimiņu koku pāri) un 0 pretējā gadījumā, un n = tuvāko kaimiņu skaits, kas ņemts vērā analizē (šajā gadījumā 4). Ar četriem kaimiņiem W_i var pieņemt piecas vērtības: 0; 0,25; 0,50; 0,75; un 1. $W_i = 0$ - norāda, ka koki mērķa koka tuvumā ir novietoti regulāri, savukārt $W_i = 1$ norāda uz neregulāru sadalījumu (Pommerening, 2002).

Dižskābarža audžu telpiskā struktūra tika analizēta, izmantojot trīs strukturālos rādītājus: sajaukšanās indeksu (M_i), izmēra diferenciacijas indeksu (T_i) un agregācijas indeksu (W_i). Rezultāti liecina, ka lielākajā daļā audžu dominē viendabīgs sugu sastāvs, visbiežāk (36.7 %) sastopami gadījumi, kad mērķa kokam apkārt ir četri kaimiņi ir vienas un tās pašas sugas koki, tāpat bieži, 32.6 % gadījumos, starp tuvākajiem četriem kaimiņiem bija citas sugas koks (2.2.1. att.).

Izmēru diferenciacijas indekss (T_i) norāda uz ka dižskābarža audzēs bija raksturīga mērena koku diametru diferenciacija (60 % no visiem kokiem bija vidēji stipra vai vidēji vāja izmēru

diferenciācija), kas liecina par būtiskām atšķirībām koku izmēros. Salīdzinoši daudz kokiem (26 % no visiem kokiem) bija izteikta diferenciācija ar tuvāko kaimiņu, bet līdzīga izmēra koki ir sastopami salīdzinoši retāk (14 % no visiem kokiem) (2.2.1. attēls).

Agregācijas indekss liecina par koku neregulāru un strukturētu telpisko modeļu izvietojumu audzēs. Agregācijas indeksa vērtību sadalījums liecina par izteiktu koku grupēšanos, 76.3 % no visiem kokiem W_i bija 1, savukārt pārējo koku izvietojumu parauglaukumos var raksturot kā nejaušu.



2.2.1. attēls. Dižskābarža audžu koku telpiskā struktūras rādītāji sajaukšanās indeksu (M_i), izmēra diferenciācijas indeksu (T_i) un koku agregācijas indeksu (W_i).

Šajā etapā ievāktā informācija izmantojama kā daļa no pētījuma noslēgumā plānotā apkopojuma daudzveidības raksturojumam dižskābaržu audzēs.

2.3. Dižskābarža audzēšanas risku analīze

Aktivitātes mērķis šajā etapā veikt retināto sēklu audžu ģenētiskās daudzveidības novērtējumu, lai nodrošinātu, ka tajās ievāktais materiāls ir izmantojams atjaunošanā (nerada šī bioloģiskās daudzveidības līmeņa samazinājuma risku).

Atbilstoši plānotajam veikta materiāla ievākšana 2 audzēs MPS Šķēdes meža novadā, DNS izdalīšana un analīze Ģenētisko resursu centrā. Iepriekšējā etapā sagatavotais manuskripts nav ticis akceptēts, tādēļ tas tika papildināts ar šajā etapā ievāktajiem datiem un iesniegts atkārtoti izdevumā ar augstāku citēšanas indeksu:

Ruņģis D.E. Danusevičius D., Kembrytė-Ilčiukienė R., Jansone L., Kempf M., Jansons Ā. (2025) Natural regeneration, genetic diversity and provenance of in-troduced *Fagus sylvatica* L. stands in Latvia. Manuskripts akceptēts publicēšanai.

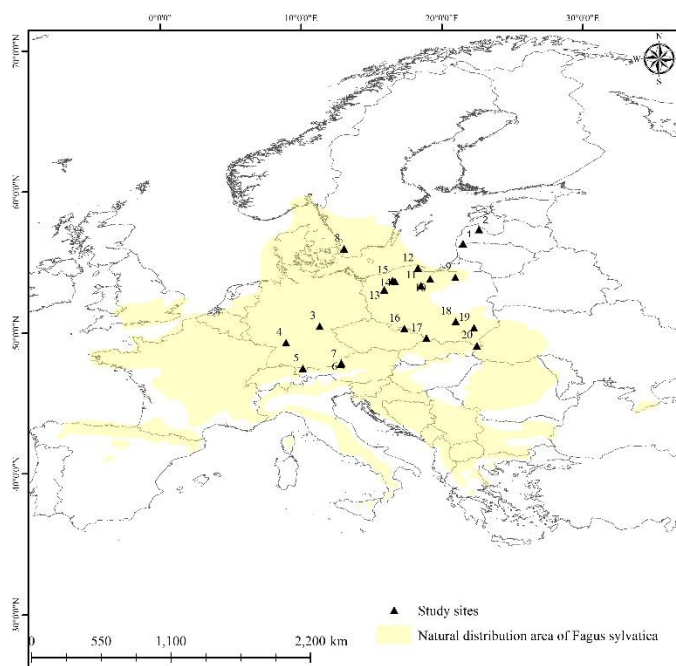
Sēkļu audzēs konstatēts augsts vidējais un efektīvais alēļu skaits, kā arī augsta sagaidāmā heterozigositāte (2.3.1. tab.). Kopumā šo ģenētiskas daudzveidības rādītāju vērtības ir līdzīgas tām, kādas konstatētas šīs koku sugas areāla centrālajā daļā (salīdzinājuma izmantoto audžu atrašanās vietas kartē: 2.3.1. att.), apliecinot, ka sēkļu materiāla izmantošana no tām nodrošinās pietiekamu jauno audžu ģenētisko daudzveidību. Tāpat analīzes rezultāti liecina, ka stādījumi MPS Šķēdes meža novadā sākotnēji ierīkoti ar materiālu, atvests no Vācijas, nevis no ģeogrāfiski tuvākām valstīm. Iepriekšējos etapos veiktais novērtējums apliecināja šīs koku sugas labu pielāgošanos klimatiskajiem apstākļiem Latvijas rietumu daļā. Šī etapa rezultāts – materiāla izcelsme no Eiropas reģiona, kur šī brīža klimats sagaidāms Latvijā šī gadsimta beigās – norāda uz to potenciālu piemērotību prognozētajam klimatam, veidojot vitālas audzes nākotnē.

2.3.1. tabula.

Ģenētiskās daudzveidības rādītāji dižskābaržu audzēs

Audzē	Na (SE)	Ne (SE)	I (SE)	He (SE)	F (SE)
Skede_20	8.5 (0.97)	3.7 (0.38)	1.47 (0.114)	0.68 (0.037)	0.021 (0.027)
Skede_21	7.3 (0.95)	3.7 (0.38)	1.46 (0.124)	0.68 (0.044)	0.031 (0.029)
Skede_23	7.0 (0.86)	3.6 (0.41)	1.46 (0.125)	0.66 (0.045)	0.058 (0.03)
Kaleti	4.3 (0.26)	2.9 (0.19)	1.18 (0.063)	0.64 (0.030)	-0.107 (0.038)

Skede_21 un Skede_23 – retinātas (sēkļu materiāla ieguvei paredzētās) audzes. SE – standartklūda. Na – vidējais alēļu skaits, Ne – efektīvais alēļu skaits, I – Šenona-Vīnera daudzveidības indekss, He – sagaidāmā heterozigositāte, F – fiksācijas indekss.



(iekrāsots – dižskābarža izplatības areāls)

2.3.1. attēls. Vērtētās un salīdzināšanai izmantotās dižskābaržu audzes

3. Klinškalnu priedes selekcijas un mežsaimniecības perspektīvu novērtējums

Pamatojums

Klinškalnu priede ir introducētā koku suga ar lielāko eksperimentālo stādījumu skaitu Latvijā. Šo stādījumu mērījumu analīze liecina par augstu atsevišķu provenienču ražību mūsu valstī, nodrošinot alternatīvu parastai priedei mežos ar oligotrofām minerālaugsneņiem. Tomēr koku sugu introdukcija saistīta ar nozīmīgiem ekonomiskiem un bioloģiskās daudzveidības uzturēšanas riskiem, tādēļ, pirms šāda lēmuma pieņemšanas, būtiski ilgtermiņa pētījumi. Pētījuma aktivitāšu gala mērķis ir nodrošināt publicētu informāciju par Klinškalnu priedes selekcijas un audzēšanas perspektīvām Latvijā.

Etapā ietvaros sagatavots sākotnējais raksturojums Klinškalnu priedes invazivitātei, atbilstoši metodikai balstoties uz zinātniskās literatūras analīzi un empīrisku datu ievākšanu un analīzi.

Sugas raksturojums

Klinškalnu priedes dabiskais areāls aptver Klusā okeāna rietumu piekrastes un kalnu rajonus ASV un Kanādā, taču pateicoties plašajai introdukcijai tā ir viena no visplašāk izplatītajām koku sugām pasaulē (Ledgard, 2001). Sugas izplatību veicina tās spēja pielāgoties krasi atšķirīgiem klimatiskajiem apstākļiem, kur ekstrēmās gaisa temperatūra svārstās no -57° līdz $+38^{\circ}$ C, un tās spēja augt dažādos augšanas apstākļos (Langdon, et al., 2010). Vienlaicīgi tā tiek uzskatīta par vienu no invazīvajām skujkoku sugām pasaulē (Despain, 2001; Richardson and Rejmanek, 2004). Par invazīvām tiek uzskatītas konkrētās valsts labai neraksturīgas (iepriekš nebijušas) koku sugas, kas apdraud vietējās sugas un to dzīvotnes, rada ekonomiskus zaudējumus vai kaitējumu cilvēka veselībai un videi (VARAM, 2020). Galvenie faktori, kas veicina *P. contorta* invazivitāti ir agra sēklu ražošanas uzsākšana, maza izmēra sēklas (viegla izplatība ar vēju), īss laiks starp ražīgajiem sēklu gadiem (salīdzinot ar citām sugām) (Rejmanek and Richardson, 1996) un sējeņu ātra augšana (Grotkopp et al., 2002). Taču invāzija nav atkarīga tikai no *P. contorta* īpašībām, bet galvenokārt no vietas uzņēmības un vides apstākļiem, piem., zemesdzēs sugām un to spējas konkurēt, atklātas minerālaugsnes klātbūtnes, dabiskajiem traucējumiem (īpaši uguns) (Richardson et al., 1994; Engelman et al., 2001; Ledgard 2001). Jāpiezīmē, ka valstīs, kur *P. contorta* straujā izplatība šobrīd rada lielas problēmas (Jaunzēlande), invāzija notikusi pakāpeniski, sākotnēji konstatējot zemu dabisko atjaunošanos (Richardson et al., 1994; Ledgard, 2001). Straujai izplatībai iespējams nepieciešama daudzu faktoru sakritība, piem., daudz sēklu, maz sēklēdāju un patogēnu, labi dīgtspējas un sējeņu augšanas apstākļi, piemērotu simbiontu (īpaši mikorizu) ienākšana, un *P. contorta* labvēlīgas klimata pārmaiņas (Despain, 2001).

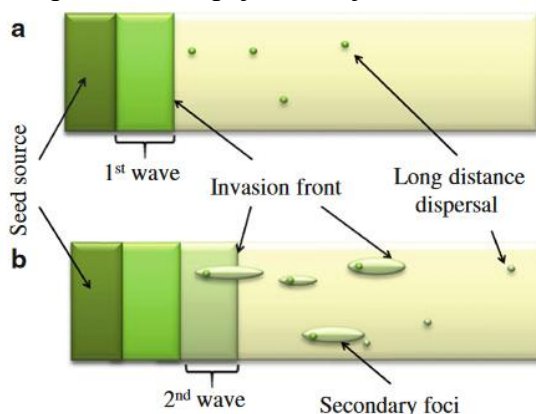
Eiropā, *P. contorta* ir introducēta Dānijā, Somijā, Norvēģijā, Zviedrijā, Īslandē, Lielbritānijā, Vācijā, Jaunzēlandē, u.c. (Elfving et al., 2001). Ap 1950. gadu tā kļuva par galveno sugu kūdras purvu apmežošanā Lielbritānijā, Īrijā, Zviedrijā un Somijā (Novotný et al., 2018). Pašreiz tiek uzskatīts, ka ārpus Dienvidamerikas *P. contorta* ir naturalizējusies Lielbritānijā, Īrijā un Krievijā, savukārt invazīvo sugu sarakstā iekļauta Agrentīnā, Čīlē, Austrāliā un Jaunzēlandē, kas ir piederīgas citai floras valstij ar krasi atšķirīgu floru, kā arī Zviedrijā (Richardson and Rejmanek, 2004; Pena et al., 2008; Langdon et al., 2010). Lai gan pastāv risks, ka *P. contorta* strauji izplatīties visā Ziemeļeiropā (Knight et al., 2001), plaša mēroga vērtējums par *P. contorta* dabisko atjaunošanos līdz šim tā arī nav veikts (Jacobson and Hannerz, 2020), norādot uz izteiktām neskaidrībām par sugas uzvedību. Taču ir atsevišķi pētījumi, piem., Īslandē, kur pirmie sējeņi reģistrēti 26 gadus pēc stādījuma ierīkošanas, tālākie sējeņi uzskaitīti 760 m no sākotnējā stādījuma, un sējeņu izplatība 60 gadu laikā (1960. – 2020.g.) no 2,3 ha lielā stādījuma palielinājusies līdz 66 ha (Eggertsson et al., 2022, un atsauces tajā). Jāpiezīmē, ka Īslandei raksturīgi no Eiropas kontinentālas daļas krasi atšķirīgi apstākļi (liels kailas augsnes īpatsvars, intensīvi abiotiskie traucējumi, iztiktas klimata pārmaiņas), kas ir labvēlīgi strestoleratu un introducētu augu invāzijām (Diez et al., 2012; Jauni et al., 2015; Pearson et al., 2023). Lai gan Eiropā lielākās platības *P. contorta* aizņem Francijā (Novotný et al., 2018), informācija par sugas

uzvedību ir ierobežota. Šobrīd vislielākās bažas par *P. contorta* straujo izplatību izrādījusi Zviedrija, lai gan pašatjaunošanās riski netika saskatīti un ir zemā līmenī (Elfving et al., 2001; Ericsson, 1994). Zviedrijā *P. contorta* eksperimentālos stādījumos tika ieviesta 20. gadsimta 20. gados, bet kopš 1970. g. tā tika stādīta komerciāliem nolūkiem ar mērķi kompensēt skujkoku deficītu nākotnē (Engelmark et al., 2001). Pašlaik *P. contorta* platība Zviedrijā sasniedz 520 000 ha (Jacobson and Hannerz, 2020). Jaunākajā pētījumā (2020. g.) konstatēts, ka 53% stādījumu, kuru vecums pārsniedz 25. gadus, ir atrodamī *P. contorta* sējeņi, kas lielākoties sastopami līdz 15 m attālumā no stādījuma malas ar vidējo biežumu 62–221 sējeņi/ha (Sjodin, 2012; Jacobson and Hannerz, 2020), kas kopumā vērtējams kā zems (Ledgard 2001). Šobrīd *P. contorta* dabiskā atjaunošanās Zviedrijā ir koncentrējusies atsevišķās audzēs un efektīvi regulējama ar saimniecisko darbību (Jacobson and Hannerz, 2020), taču ietekmes uz vietējo ekosistēmu novērtēšanai būtu jāveic plaši pētījumi (Engelmark et al. 2001). Līdzšinējos literatūras pārskatos secināts, ka *P. contorta* invāzijas primārās sekas ir vietējo augu izkonkurēšana un jaunu sugu dzīvotņu veidošana, kam seko strukturālās daudzveidības samazināšanās, *P. contorta* biomasas palielināšanās, dominējošās veģetācijas dinamikas traucējumi un barības vielu cikla izmaiņas (Mack et al. 2000; Peterken, 2001).

Latvijā *P. contorta* pirmie stādījumi datēti ap 1930. gadu, bet 20 gadus vēlāk augstā ražīguma (salīdzinot ar parasto priedi *Pinus sylvestris*) dēļ šo sugu rekomendēja izmantot reproduktīvā materiāla ievākšanai un audzēšanai (Sakss, 1949). Pirmie stādījumi, izmantojot dažādu provenienču sēkļu materiālu (sadarbojoties ar Zviedrijas mežkopjiem) ierīkoti no 1979.–1981. gadam, Bauskas, Tukuma, Ugāles un Kuldīgas MRS (Baumanis, Birģelis, 1993). Šobrīd Latvijā reģistrētas 26 *P. contorta* atradnes (Laiviņš u.c., 2009). Ņemot vērā klimata pārmaiņas, kas var būt labvēlīgas introducēto sugu dabiskai izplatībai (Diez et al., 2012; Jauni et al., 2015), kā arī sugas veiksmīgo dabisko atjaunošanos mums līdzīgos klimatiskajos apstākļos (Zviedrijas dienvidi; Jacobson and Hannerz, 2020), nepieciešams veikt pētījumus par *P. contorta* dabisko atjaunošanos Latvijā.

Invāzijas gaita

Konstatēts, ka priedes invāzija visā pasaulē notiek līdzīgi, izdalot divas galvenās stadijas: (a) ienākšana un nostiprināšanās, un (b) populācijas augšana/ekspansija (Richardson et al., 1994). Pirmā stadija var krasi reģionāli atšķirties. Taču sākotnējo populācijas augšanu raksturo kodolam līdzīga augšana, kur augsta atjaunošanās notiek tuvu sēkļu avotam (īsas distances), bet vidējas un tālas distances atjaunošanas raksturojas ar atsevišķiem, izklaidus ieaugšanās gadījumiem (3.1a. att., Langdon et al., 2010). Pirmajā stadijā starpsugu konkurence ir zema, un pirmajā izplatības vilnī *P. contorta* sējeņi var viegli nostiprināties neatkarīgi no sēkļu avota attāluma. Jaunajiem kokiem uzsākot ražot sēklas, izplatība turpinās gan no sākotnējā sēkļu avota, gan no invāzijas frontes, gan no ārējiem kokiem (3.1.b att.). Sākoties otrajam izplatības vilnim, ātra un veiksmīga sugas ierobežošana ir apgrūtināta, palielinot kopējo invāzijas ietekmi uz ainavu.



3.1. attēls. Skujkoku izplatības diagramma agrīnā (a) un sekundārajā (b) invāzijas stadijā (pēc Langdon, et al., 2010)

Faktori sugas invazivitātes novērtēšanai

Lai novērtētu potenciālo invazivitāti, izdala trīs vides faktoru sadaļas, kas ietekmē dabisko atjaunošanos: 1) sēklu ražošana; 2) sēklu izplatīšanās; 3) stādu ieaugšana un izdzīvošana (Engelmark et al., 2001).

1) Sēklu ražošana. *P. contorta* labvēlīgos apstākļos sēklas sāk ražot 5–10, bet lielākoties 15–20 gados (Langdon, et al., 2010). Arī Zviedrijas ziemeļu klimatā atsevišķiem kokiem, kas jaunāki par 10 gadiem, ir reģistrēti čiekuri (Jägbrant, 2014). Sēklu ražas var būt katru gadu, taču serotīnie čiekuri atveras tikai ~50°C karstumā, kas lielākoties notiek ugunsgrēku laikā. Dominējošo un pārējo koku čiekuru produkcija atšķiras no dažiem simtiem līdz dažiem tūkstošiem no koka. Vidēji *P. contorta* ar neserotīniem čiekuriem ik gadu spēj saražot 35 000 līdz 1,2 milj. sēklu uz hektāru, no kurām ½ – ⅓ daļa izsējas (Langdon, et al., 2010; Novotný et al., 2018).

2) Sēklu izplatīšanās. Galvenais sēklu izplatītājs ir vējš, jauno sējeņu blīvums ir cieši saistīts ar attālumu līdz sēklu avotam (Bravo-Monasterio et al., 2016), kas sākotnēji ļauj novērst invāzijas ietekmi (Langdon, et al., 2010). Lielākā daļa sēklu izkrīt 50–100 m attālumā no sēklu avota valdošo vēju virzienā, taču tās var aizpūst līdz pat 3 km attālumam (Engelmark et al., 2001; Langdon et al., 2010; Eggertsson et al., 2020). Jauno sējeņu biežums dažādās valstīs krasi atšķiras, piem., 20 m attālumā no sēklu avota vidējais sējeņu biežums variē no 62 Zviedrijā līdz 7500 sējeņiem/ha Īslandē (Sjödin, 2012; Eggertsson et al., 2020; Jacobson and Hannerz, 2020).

3) Stādu ieaugšana un izdzīvošana. *P. contorta* sēklu dīgšanas spēja kopumā ir laba, tai skaitā Zviedrijas klimatā (Engelmark et al., 2001). Dīgšanai labvēlīgi apstākļi ir gaisa temperatūra 8 līdz 26°C, un pietiekams augsnes mitrums dažu kritisko nedēļu laikā pēc sadīgšanas. Šī iemesla dēļ dīgšana notiek drīz pēc sniega kušanas, un jaunie sējeņi ir izturīgi pret salnu un nelieliem sala bojājumiem (Despain, 2001). *P. contorta* sējeņu ieaugšana ir sekmīga dažādos meža augšanas apstākļos (nabadzīgās un barības vielām bagātās, sausās un mitrās augsnēs, tai skaitā purvos un kāpās (Despain, 2001; Elfving et al., 2001; Cinovskis, 1992). Jauno sējeņu sākotnējo izplatību labvēlīgi ietekmē dažādi traucējumi, piem., Zviedrijā 63–96% jauno sējeņu tika atrasti uz mežistrādes ceļiem, ceļmalās un vietās, kur bija veikta augsnes sagatavošana stādīšanai (Sjödin, 2012; Jacobson and Hannerz, 2020), bet Īslandē smilšainos upju krastos un augsnes atsegumos (Eggertsson et al., 2020). Attiecīgi, liela nozīme ir intensīviem zemsedzes veģetāciju ietekmējošiem traucējumiem. Atjaunošanās labvēlīgi notiek vietās ar zemu vai skraju veģetācijas segumu, piem., zālājos, izcirtumos, stepēs, utt. (Bravo-Monasterio et al., 2016; Eggertsson et al., 2020). Atjaunošanos labvēlīgi ietekmē ugunsgrēki (Elfving et al., 2001), bet tūlīt pēc dīgšanas negatīvu ietekmi atstāj augsts sausums un izteikts sals (Langdon, et al., 2010). Attiecīgi, lai sekmīgi atjaunotos, ir nepieciešama atbrīvošana no zemsedzes veģetācijas konkurences. Lai arī varētu gaidīt, ka lielus postījumus atstās pārnadžu postījumi, Zviedrijā *P. contorta* audzēs tie ir par 60% mazāki nekā parastās priedes audzēs (Horstkotte et al., 2023), savukārt Latvijā 68% *P. contorta* bija konstatēti dažādas intensitātes briežveidīgo bojājumi, un dzīvnieku polpulācijas lielums var atstāt būtisku ietekmi uz *P. contorta* augšanu un izdzīvošanu (Sisenis, 2013; Arhipova et al., 2015). Paredzams, ka nākotnē *P. contorta* invadēs vietas, kur pašlaik sastopama parastā priede un daļēji arī egļe, taču tās sākotnējā invāzija var būt atkarīga no citu sugu konkurētspējas konkrētajos apstākļos (Langdon, et al., 2010). Lai gan abas priežu sugas ir sastopamas kopā, *P. contorta* konkurētspēja tiek vērtēta augstāk, īpaši mitrākās un ēnainās vietās, lai gan šādās vietās tā varētu augt lēnāk un neražot sēklas (Elfving et al., 2001; Knight et al., 2001).

Apsaimniekošanas nosacījumi un sugas izplatības monitorings

Sobrīd Latvijā nav izstrādāti specifiski noteikumi *P. contorta* audžu apsaimniekošanai. Savukārt Zviedrijā un Īslandē, kur vēl nav novērota strauja *P. contorta* invāzija, sugai tiek izstrādāti apsaimniekošanas plāni, kas ietver stādīšanas ierobežojumus konkrētās zonās, monitoringa programmas izveidošanu, regulāru semināru rīkošanu mežu īpašniekiem, utt. (Engelmark et al. 2001; Eggertsson et al., 2020). Konkrētus ieteikumus, kā samazināt sugas iespējamo nelabvēlīgu ietekmi apkopojis Engelmark et al. (2001) un Ledgard (2001).

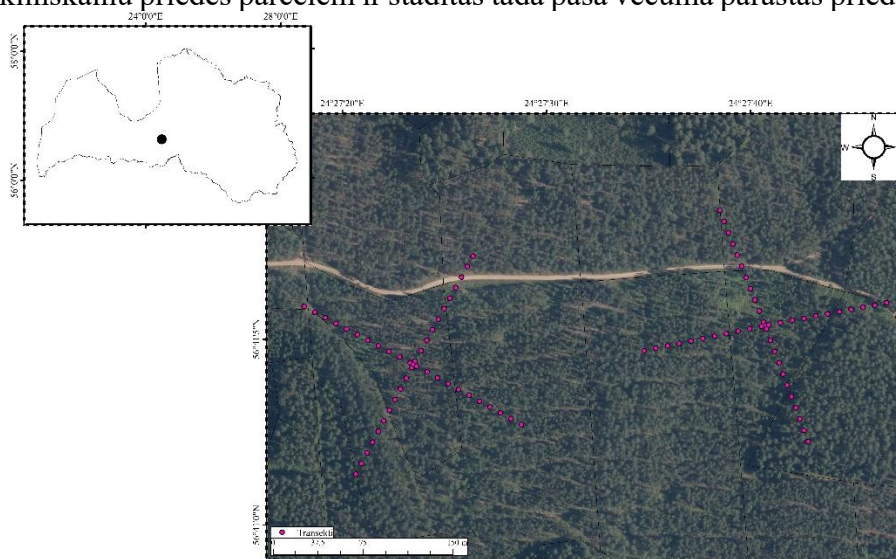
Pamatnosacījums ir stādīšanas vietas piemērota izvēle, piem., nestādīt reljefa paaugstinājumos un kalnu virsotnēs, lai novērstu tālas distancas izplatību ar vēju, kā arī blakus plašiem augsnes traucējumiem (atsegtai augsnei). Stādījuma ārpusē 2–3 rindas vēlams stādīt vietējās sugas, kas ierobežos izplatību, stādījuma formu veidot tā, lai valdošo vēju virzienā ir mazākais malas garums, utt. (Engelmark et al. (2001).

Dabiskās atjaunošanās novērtēšanas metodes

Balstoties uz sugas izplatības gaitu, un izplatību ietekmējošajiem faktoriem (aprakstīti iepriekšējās sadaļās), dabiskās izplatības metodiskais novērtējums lielākajā daļā pētījumu ir līdzīgs. Sākotnēji *P. contorta* stādījumos raksturo mātesaudzi: vecums, biežums, vai ražo sēklas, fiksē vai zem tās ir *P. contorta* sējeņi un jaunā paauga. Transekšu ierīkošanas tehnika jauno kociņu uzskaitē starp valstīm atšķiras. Transektes ierīko dažādos virzienos no i) stādījuma centa uz stādījuma malām un ārpus tām (Pena et al., 2008); ii) 25–30 m no stādījuma malām virzienā uz ārpusi, un ārpus tām (Sjodin, 2012; Jacobson and Hannerz, 2020); iii) no stādījuma malas perpendikulāri tai dažādos virzienos, bet visbiežāk valdošo vēju virzienā ārpus stādījuma (Eggertsson et al., 2020; Bravo-Monasterio, et al., 2016; Langdon et al., 2010). Transekšu skaits vienā stādījumā variē no 3–11, transektu garums no 50–1000 m vai kamēr nav reģistrēts neviens sējenis. Uz transektēm tiek ierīkoti vienlaidus vai ar 20–50 m intervālu taisnstūrveida (3×10; 2×25, u.c.) vai aplūveida (platība no 1–100 m²) parauglaukumi. Atsevišķos pētījumos sējeņu kartēšana notiek ārpus transektēm (turpinot to virzienu) līdz sējeņu klātbūtne nav konstatēta (Langdon et al., 2010; Eggertsson et al., 2020). Katrā parauglaukumā uzskaita visus *P. contorta* indivīdus (retāk to relatīvo segumu), uzmēra to augstumu un nosaka vecumu, bieži reģistrē arī citas kokaugu sugas. Katram parauglaukumam veic ierakstus par zemes kategoriju (mežs, purvs, utt.), traucējumiem (ceļmala, augsnes gatavošana stādīšanai, utt.), u.c. rādītājiem.

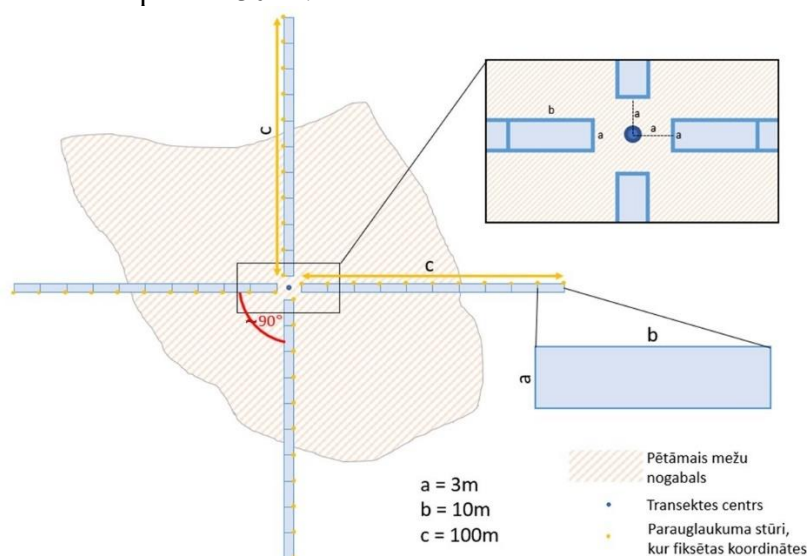
Lauka darbu metodika

Pētījumam izvēlēti divi objekti klimatiski atšķirīgās vietās Latvijas centrālajā un rietumu daļā, tomēr pēc sākotnējās vērtēšanas viens no objektiem (rietumu daļā) nav bijis izmantojams un tādēļ izvēlēts papildus objekts centrālajā daļā. Analīzē iekļauti dati no klinškalnu priedes eksperimentālajiem stādījumiem (kvartālu apgabals-kvartāls-nogabals): 508-196-1 un 508-196-14 (3.2. att.). Nogabali izvēlēti balstoties uz kritērijiem: līdzīgs kokaudzes vecums un nogabala platība; pētāmā audze – klinškalnu priedes tīraudze. Izvēlētas 36 un 42 gadus vecas audzes ar platību 1,16 un 2,43 ha (lielākajā nogabalā klinškalnu priede stādīta vienā no tā daļām). Abos nogabalos starp klinškalnu priedes parcelēm ir stādītas tāda paša vecuma parastās priedes parces.



3.2. attēls. *Pinus contorta* audzes Latvijā, kurās veikta sējeņu dabiskās atjaunošanās uzskaitē

Katra klinškalnu priedes nogabalā atlikts punkts, no kura četros virzienos (savstarpēji veidojot krustu) izliktas 100 m garas transektes (3.3. att.). Katra no transektēm iedalīta 10 saskarošos parauglaukumos ar platību 30m².



3.3. attēls. *Pinus contorta* sējeņu uzskaitēi ierīkoto transekšu un parauglaukumu shēma

Katra parauglaukuma novietojums iedalīts kategorijā: “zem mātesaudzes” (atrodas klinškalnu priedes stādījuma robežās, un/vai kokaudzē sastopama klinškalnu priede) vai “ārpus” (atrodas ārpus klinškalnu priedes stādījuma robežām un kokaudzē tā nav sastopama). Katrā parauglaukumā fiksēts kokaudzē (1. vai 2. stāvā) konstatētais koku skaits, to suga, kā arī novērtēts, cik no klinškalnu un parastās priedes, egles kokiem uzskatāmi par potenciālajiem sēkļu avotiem (sēkļu koku skaits). Par sēkļu koku uzskatīts indivīds, kuram novērtēta čiekuru esamība. Fiksēta atklātas augsnes aizņemtā relatīvā platība parauglaukumā. Katrā parauglaukumā veikta koku sugu sējeņu uzskaitē, fiksēta sējeņa suga, uzmērīts tā augstums. Sējeņu uzskaitē veikta 2024. gada novembrī. Kopumā sējeņu uzskaitē veikta 80 parauglaukumos, 42 no tiem atradās “nogabalā” jeb zem klinškalnu priedes mātesaudzes, bet 38 ārpusē.

Lai novērtētu klinškalnu priedes sējeņu biežumu ietekmējošos faktoros izmantots lineārais jaukta tipa modelis, transekti iekļaujot kā randomo (nejaušās izvēles) efektu. Sējeņu augstums salīdzināts ar lineāro modeli. Datu apstrāde veikta izmantojot programmu R v. 4.2.2 (R Core Team, 2024), analīzes veicot pie būtiskuma līmeņa $\alpha = 0.05$.

Rezultāti

Apsēkotajos parauglaukumos kokaudzes 1. un 2. stāvā bez klinškalnu priedes (1397 ± 257 koki ha⁻¹) bija sastopama arī parastā priede (1429 ± 311 koki ha⁻¹) un egles (92 ± 57 koki ha⁻¹). Parauglaukumu ietvaros čiekuri novēroti divām sugām, klinškalnu (83% koku jeb 1159 kokiem ha⁻¹) un parastajai (71 ± 47 koki ha⁻¹) priedei.

Kopā uzskaitīti piecu koku sugu sējeņi: klinškalnu un parastās priedes, egles, apses un parastā ozola. Lapu koku sējeņu īpatsvars (3%) un biežums (125 ± 33 sējeņi ha⁻¹) bija niecīgs. Lai gan parastā priede bija gan kokaudzes 1. un 2. stāvā parauglaukumos, un dominē lielākajā daļā no apkārtējiem nogabaliem, tās sējeņu kopējais īpatsvars (9%) un biežums (138 ± 83 sējeņi ha⁻¹) arī bija neliels. Savukārt egles sējeņu īpatsvars, neskatoties uz sugas mazo sastopamību kokaudzē un tuvākajā apkārtnē veidoja 39% no visiem (600 ± 131 sējeņi ha⁻¹). No visiem uzskaitītajiem sējeņiem 49% bija klinškalnu priedes (758 ± 210 sējeņi ha⁻¹).

Analizējot parauglaukumus pēc to novietojuma zem mātesaudzes vai ārpus tās, novērots, ka zem mātesaudzes kopējais (un katras sugas atsevišķi) sējeņu daudzums bija ~3,5 reizes mazāks nekā ārpusē (3.1. tabula). Pretstatā, klinškalnu priedes biežums zem mātesaudzes bija būtiski lielāks ($p=0.006$, 3.2. tabula) nekā ārpus tās. Zem mātesaudzes vidēji uzskaitīti 373 ± 90 sējeņi ha⁻¹

¹, bet ārpus tās 1184 ± 422 sējeņi ha^{-1} (3.1. tabula) norādot uz sugas izplatības potenciālu. Līdzīgi arī modelis parādīja, ka klinškalnu priedes sējeņu biežums nav atkarīgs no sēklu koku (ar čiekuriem) daudzuma ($p=0.6$, 3.2. tabula). Pētījuma dizains ļauj secināt, ka sējeņi izplatās vismaz 60–70 m ārpus mātesaudzes (tālākais ierīkotais parauglaukums), kas ir biežākais sēklu izkrišanas attālums, jo lielākā daļa sēklu izkrīt 50–100 m attālumā no sēklu avota valdošo vēju virzienā (Engelmark et al., 2001; Langdon et al., 2010; Eggertsson et al., 2020). Lai noskaidrotu cik tālu no mātesaudzes sējeņi izplatās nākotnē, būtu jāpalielina transekšu garums, kā arī apkaimē esošie sējeņi būtu jākartē (Langdon et al., 2010; Eggertsson et al., 2020). Attālumam no mātesaudzes malas bija būtiska ietekme ($p=0.01$, 3.2. tabula) uz klinškalnu priedes sējeņu biežumu. Modelis rāda, ka attālinoties no malas ar katru metru sējeņu biežums vidēji samazinās par 38 sējeņiem ha^{-1} .

Parastās priedes un egles sējeņu klātbūtnei nebija būtiskā ietekme uz klinškalnu priedes sējeņu biežumu ($p=0.05$, 3.2. tabula) norādot, ka šajā sējeņu attīstības posmā starpsugu konkurence nav intensīva. Citos pētījumos secināts, ka klinškalnu priede primāri invadēs vietas, kur pašlaik sastopama parastā priede un daļēji arī egle, taču tās sākotnējā invāzija var būt atkarīga no citu sugu konkurētspējas konkrētajos apstākļos (Langdon, et al., 2010). Lai gan abas priežu sugas ir sastopamas kopā, klinškalnu priedes konkurētspēja tiek vērtēta augstāk, īpaši mitrākās un ēnainās vietās, lai gan šādās vietās tā varētu augt lēnāk un neražot sēklas (Elfvig et al., 2001; Knight et al., 2001). Šobrīd netika novērotas atšķirības starp egles, klinškalnu un parastās priedes sējeņu augstumu ($p=0.2$), norādot uz vienlīdzīgiem augšanas tempiem. Taču turpmākajos pētījumos būtu vērtīgi noteikt arī sējeņu vecumu, kas papildus augšanas tempu novērojumiem ļautu izdarīt secinājumus arī par sējeņu izdzīvošanu (atkārtoti uzmērītos parauglaukumos). Klinškalnu priedes sējeņu augstums bija līdzīgs arī zem mātesaudzēm un ārpus tām ($p=0.30$), vidēji 0.39 ± 0.03 cm. Lai gan noēnojums tiek uzskatīts par vienu no galvenajiem klinškalnu priedes sējeņu ieaugšanās un izdzīvošanu ietekmējošajiem faktoriem (Lotan and Critchfield, 1990), šajā pētījumā koku stāva biežumam nebija būtiskas ietekmes ($p=0.30$ 3.2. tabula), lai gan ārpus mātesaudzēm, kur 1. un 2. stāva biežums bija lielāks (3.1. tabula), klinškalnu priede atjaunojās labāk. Sējeņi vislabāk atjaunojas atvērumos (1929 sējeņi ha^{-1}) un uz meža ceļiem (1333 sējeņi ha^{-1}), bet nav sastopami, vai atjaunojas slikti vietās ar biezu graudzāļu un nobiru segumu. Līdzīgi kā Zviedrijā, 63–96% klinškalnu priedes sējeņi primāri izplatījās traucētās, no veģetācijas atsegtās vietās (Sjödin, 2012; Jacobson and Hannerz, 2020). Šajā pētījumā atklāta augsne konstatēta tikai trīs parauglaukumos, tādēļ šo rādītāju nevarēja iekļaut statistiskajā analizē, taču turpmākos pētījumos tas var būt nozīmīgs.

3.1. tabula.

Uzskaitīto sējeņu raksturojums klinškalnu priedes audzēs un ārpus tām							
Atrašanās vieta*	1. un 2. stāva biežums (koki ha^{-1})	Sējeņu biežums (sējeņi ha^{-1})				Sējeņu augstums (m)	
		Kopā	Klinškalnu priede	Parastā priede	Parastā egle	Klinškalnu priede	Parastā egle
Audzēs	1683 ± 273	690 ± 148	373 ± 90	8 ± 8	278 ± 94	0.44 ± 0.05	0.63 ± 0.09
teritorijā	2895 ± 591	2482 ± 536	1184 ± 422	281 ± 173	956 ± 244	0.36 ± 0.03	0.54 ± 0.06

*Klinškalnu priedes audzē vai ārpus tās robežām

3.2. tabula.

Lineārā jaukta efekta statistiskā modeļa ANOVA tabula, kas apraksta klinškalnu priedes sējeņu biežumu ietekmējošos faktoros

Faktors	p- vērtība
Parauglaukuma novietojums (zem mātesaudzes vai ārpus)	0.006
Attālums no mātesaudzes malas (m)	0.01
Parastās priedes un egles sējeņu biežums (sējeņi ha ⁻¹)	0.05
Audzes biežums 1. un 2. stāvā (koki ha ⁻¹)	0.3
Klinškalnu priedes sēkļu koku (ar čiekuriem) biežums (sējeņi ha ⁻¹)	0.6
Klinškalnu priedes biežums audzes 1. un 2. stāvā (koki ha ⁻¹)	0.7

Kopsavilkums

- Klinškalnu priedes dabiskā atjaunošanās zem šīs koku sugas vainagu klāja ir samērā vāja (373 ± 90 sējeņi ha⁻¹) un sējeņu biežums nav atkarīgs no pirmā stāva (sēkļu koku) biežumu.
- Suga sekmīgi (1184 ± 422 sējeņi ha⁻¹) izplatās ārpus vērtēto audžu robežām līdz ~70 m attālumam no tuvākā sēkļu avota, taču to nevar uzskatīt par Klinškalnu priedes nekontrolētu izplatību jeb invāziju Latvijā.
- Klinškalnu priedes sējeņi sekmīgi atjaunojas kopā ar parastās egles un priedes sējeņiem neradot starpsugu konkurenci.
- Lai veiktu secinājumus par iespējamo sugas invāziju, nepieciešams palielināt pētāmo objektu skaitu, pagarināt sējeņu uzskaites distanci, un novērtēt sējeņu augšanas ātrumu. Šie darbi plānojami pētījuma noslēguma etapā.

Literatūra

- Arhipova, N., Jansons, A., Zaluma, A., Gaitnieks, T., Vasaitis, R. 2015. Bark stripping of *Pinus contorta* caused by moose and deer: wounding patterns, discoloration of wood, and associated fungi. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(10), 1434-1438. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0119>
- Baumanis, J., Birgelis, M. 1993. Scots pine. In *Forest tree breeding in Latvia*. Edited by V. Rone, J. Birgelis, and A. Gailis. Silava, Salaspils. 20. Lpp.
- Bravo-Monasterio, P., Pauchard, A., Fajardo, A. 2016. *Pinus contorta* invasion into treeless steppe reduces species richness and alters species traits of the local community. *Biological Invasions*, 18, 1883-1894. <http://doi:10.1007/s10530-016-1131-4>
- Cinovskis, R. 1992. Greizā priede. *Mežzinātne*, 1, 15-21.
- Despain, D.G. 2001. Dispersal of lodgepole pine (*Pinus contorta* Doug.) in its native environment as related to Swedish forestry. *Forest Ecology and Management*, 141, 59-68. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00489-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00489-8)
- Elfving, B., Ericsson, T., Rosvall, O. 2001. The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 141, 15-29. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00485-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00485-0)
- Engelmark, O., et al. 2001. Ecological effects and management aspects of an exotic tree species: the case of lodgepole pine in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 141(1-2), 3-13. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00498-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00498-9)
- Ericsson, T. 1994. Lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) breeding in Sweden—results and prospects based on early evaluations. PhD Thesis, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå.
- Eggertsson, Ó., Castiglia, D. A., Carrer, M. 2022. Natural regeneration of Lodgepole pine (*Pinus contorta*) in Steinadalur, SE-Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences*, 35, 27-32. <https://doi.org/10.16886/IAS.2022.03>
- Jacobson, S., Hannerz, M. 2020. Natural regeneration of lodgepole pine in boreal Sweden. *Biological Invasions*, 22(8), 2461-2471. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02262-0>
- Jägbrant, R. 2014. Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*? Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation i relation till beståndsålder i södra Norrland [How much seed is dispersed from *Pinus contorta* in Sweden? Cone production, serotinity and seed quality in relation to stand age]. Master Thesis, Department of forest ecology and silviculture, Swedish University of Agricultural Sciences (ar kopsavilkumu angļu valodā) <https://stud.epsilon.slu.se/6718/>
- Grotkopp, E., Rejmanek, M., Rost, T.L. 2002. Toward a casual explanation of plant Invasiveness: seedling growth and life- history strategies of 29 pine (*Pinus*) Species. *The American Naturalist*, 159(1), 396-419. <https://doi.org/10.1086/338995>

- Horstkotte, T., Sandström, P., Neumann, W., Skarin, A., Adler, S., Roos, U., Sjögren, J. 2023. Semi-domesticated reindeer avoid winter habitats with exotic tree species *Pinus contorta*. *Forest Ecology and Management*, 540, 121062. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121062>
- Knight, D.H., Baker, W.L., Engelmark, O., Nilsson, C., 2001. A landscape perspective on the establishment of exotic tree plantations: lodgepole pine (*Pinus contorta*) in Sweden. *Forest Ecology and Management*. 141, 131-142. <http://doi:10.1007/s10530-010-9817-5>
- Laiviņš, M., Bice, M., Krampis, I., Knape, D., Šmite, D., Šulcs, V. 2009. Latvijas kokaugu atlants, Rīga, 608 lpp.
- Langdon, B., Pauchard, A., Aguayo, M. 2010. *Pinus contorta* invasion in the Chilean Patagonia: local patterns in a global context. *Biological Invasions*, 12, 3961-3971. <http://doi:10.1007/s10530-010-9817-5>
- Ledgard, N.J. 2001. The spread of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 141, 43-57. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00488-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00488-6)
- Lotan, J.E., Critchfield, W.B. 1990. *Pinus contorta* Dougl. ex. Loud. In: Burns, R. M., Honkala, B.H. tech. coords. *Silvics of North America 1*. US Department of Agriculture, Washington, DC., 302–315.
- Novotný, P., Fulín, M., Čáp, J., Dostál, J. 2018. Lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) from the perspective of its possible utilization in conditions of changing Central European climate. *Conifers*. London, IntechOpen, 1-24. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79713>
- Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Evans, H., Clout, M., Bazzaz, F. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Issues in Ecology*, 5, 1–25. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0689:BICEGC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2)
- Pena, E., et al., 2008. Patterns of spread of *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. invasion in a Natural Reserve in southern South America. *Forest Ecology and Management*, 256(5), 1049-1054. <http://doi:10.1016/j.foreco.2008.06.020>
- Peterken, G.F. 2001. Ecological effects of introduced tree species in Britain. *Forest Ecology and Management*, 141, 31–42. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00487-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00487-4)
- Rejmanek, M., Richardson, D.M. 1996. What attributes make some plant species more invasive? *Ecology* 77(6), 1655–1661. <https://doi.org/10.2307/2265768>
- Richardson, D.M., Rejmanek, M. 2004. Invasive conifers: a global survey and predictive framework. *Diversity and Distributions*, 10, 321-331. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00096.x>
- Richardson, D.M., Williams, P.A., Hobbs, R.J. 1994. Pine invasion in the southern hemisphere: determinants of spread and invadability. *Journal of Biogeography*, 21, 511-527. <https://doi.org/10.2307/2845655>
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2022; Available online: <https://www.R-project.org/> (skatīta 2024. gada 15. decembrī).
- Sjödín, J. 2012. Undersökning av självspredning av contortatallen i norra Sverige [A review of self regeneration of lodgepole pine in northern Sweden]. Sveriges lantbruksuniversitet, Examensarbeten, 13. Institutionen för skogens ekologi och skötsel (ar abstraktu angļu valodā), https://stud.epsilon.slu.se/4210/1/Sjodin_J_120514.pdf
- VARAM, 2020. Invazīvās sugas. Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija. <https://www.varam.gov.lv/lv/invazivas-sugas>
- Diez, J.M. et al. 2012. Will extreme climatic events facilitate biological invasions? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 249–257. <https://doi.org/10.1890/110137>
- Jauni, M., Gripenberg, S., Ramula, S. 2015. Non-native plant species benefit from disturbance: A meta-analysis. *Oikos*, 124, 122–129. <https://doi.org/10.1111/oik.01416>
- Pearson, D.E., Ortega, Y.K., Eren, Ö., Villarreal, D., Lekberg, Y., Hierro, J. 2023. Exotic success following disturbance explained by weak native resilience and ruderal exotic bias. *Journal of Ecology*, 111(11), 2412–2423. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14190>

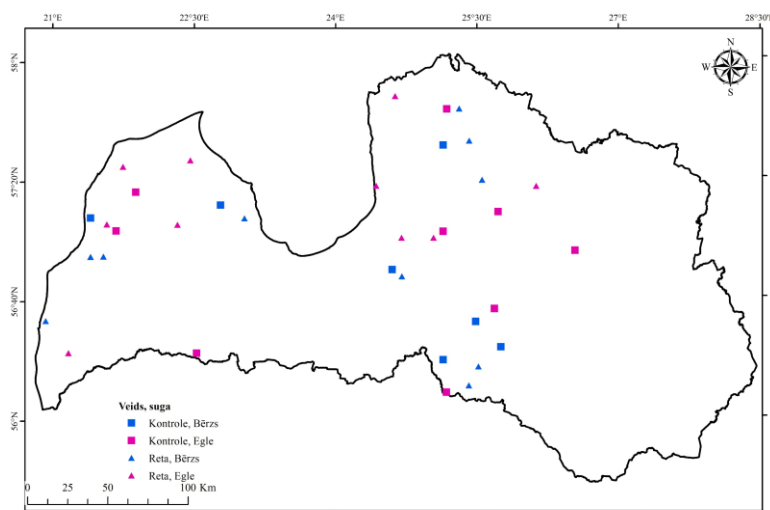
4. Selekcijas ietekmes novērtējums uz meža ģenētisko daudzveidību

Pamatojums

Klimata pārmaiņu mazināšanas mērķu sasniegšanas izraisītais pieaugošais pieprasījums pēc koksnes produktiem rezultējas ar mežsaimniecības intensificēšanos, tajā skaitā arī plantāciju mežu ierīkošanu (t.i. kopējās meža platības palielināšanu) un pieprasījumu pēc ražīgākām mežaudzēm. Nozīmīgs elements mežaudžu ražības kāpināšanā ir selekcijas rezultātu izmantošana, tai skaitā lietojot veģetatīvi pavairotu pašu augstvērtīgāko ģenētisko materiālu (klonus). Pētījuma pirmajā etapā veiktā zinātniskās literatūras analīze neliecina par šādas pieejas iespējamu ilgtermiņa negatīvu ietekmi uz ģenētisko daudzveidību meža masīva līmenī. Tāpat par to neliecina citos pētījumos par āra bērzu iegūtie dati (Bādērs u.c., 2024). Tādēļ nākamajos etapos tiek nodrošināta datu ievākšana un analīze par citiem bioloģiskās daudzveidības elementiem. Elementi, kurus var nodrošināt saimnieciskos mežos (Bauhus et al., 2009) meža masīva līmenī, ir heterogēna vertikālā struktūra, atmirusī koksne. Savukārt arī audzes līmenī tādi var būt mikrodzīvotnes (dažādām sugām) pēc iespējas daudzveidīgāka audzes struktūra (sastāva, dimensijas, u.c.), vertikālā heterogenitāte (II stāvs un pamežs) un ar vecumu saistītie elementi (atmirusī koksne u.c.) (Oettel un Lapin, 2021). Audzes līmenī nozīmīgākais izaicinājums ir paātrinātas novecošanas atdarināšana, un ar to saistīto elementu (lielu dimensiju koki un kritālas u.c.) nodrošināšana (Smith et al., 2007). Šie elementi nav svarīgi paši par sevi, bet kā piemērotas dzīvotnes. Tāpat būtiski nodrošināt augstu sugu t.sk. zemesdzīvotņu veģētācijas sugu, daudzveidību.

4.1. Bioloģiskās daudzveidības indikatoru datu ievākšana un analīze

Aktivitātes mērķi šajā etapā ir raksturot selekcijas rezultātu izmantošanas praksē pieeju iespējamo ietekmi uz bioloģisko daudzveidību, kā indikatoru izmantojot veģētācijas daudzveidību zema biežuma audzēs. Saskaņā ar plānoto veikta veģētācijas uzskaitē piecās (vairāk, nekā plānots) zema biežuma āra bērzu audzēs (4.1.1. tab.). Vienlaikus pētījuma ietvaros atlasītas un apsektas augstāka biežuma bērzu audzes un dažāda biežuma egļu audzes stādījumos meža zemēs damaksnī un vērī, kurās iespējams ievākt datus salīdzinošai analīzei turpmākos pētījumos (4.1.1. att.). Bērzu audžu vecums 40-55 gadi, vidēji 48±4 gadi.



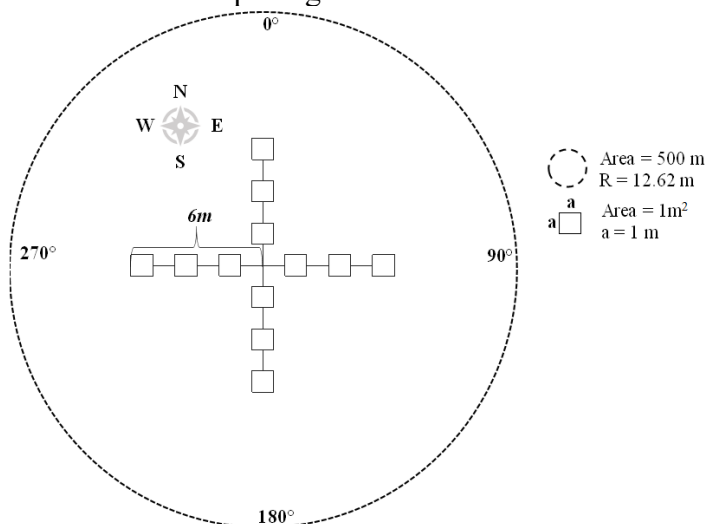
4.1.1.attēls. Zema biežuma un kontroles (augstāka biežuma) egļu un bērzu audžu izvietojums

Etapā uzmērīto zema biežuma bērzu mežaudžu uzskaitījums

Vieta	Vecums	MT	Mežu nogabala kods
Jaunrauna	56	Dm	411-35-23
Tuja_1	56	Vr	405-225-16
Tuja	51	Vr	405-334-41
Umurga	50	Vr	406-280-14
Limbazi	51	Vr	406-359-1

MT – mežu tips (Dm – damaksnis; Vr - vēris).

Lai novērtētu zemsedzes veģētācijas sugu daudzveidību reti stādīto bērzu mežu nogabalos, katrā pētāmajā mežu nogabalā, atkarībā no tā platības un izvairoties no netipiskajām vietām (grāvis, ceļš, meža takas, nogabala mala), ierīkoti četri parauglaukumi. Zemsedzes veģētācijas sugu sastāvs un projektīvais segums (%) raksturots izmantojot transekšu metodi (katrā parauglaukumā viena transekte). Transekte veidota tā, ka no parauglaukuma centra uz katru debespusi ik pēc 1m izvietoti trīs 1×1m parauglaukumi (4.1.2. att.). Veģētācijas transektes centrs sakrīt ar kokaudzes parametru uzmērīšanas parauglaukuma centru.



4.1.2. attēls. Veģētācijas transektes shēma un izvietojums attiecībā pret kokaudzes uzmērīšanas parauglaukumu

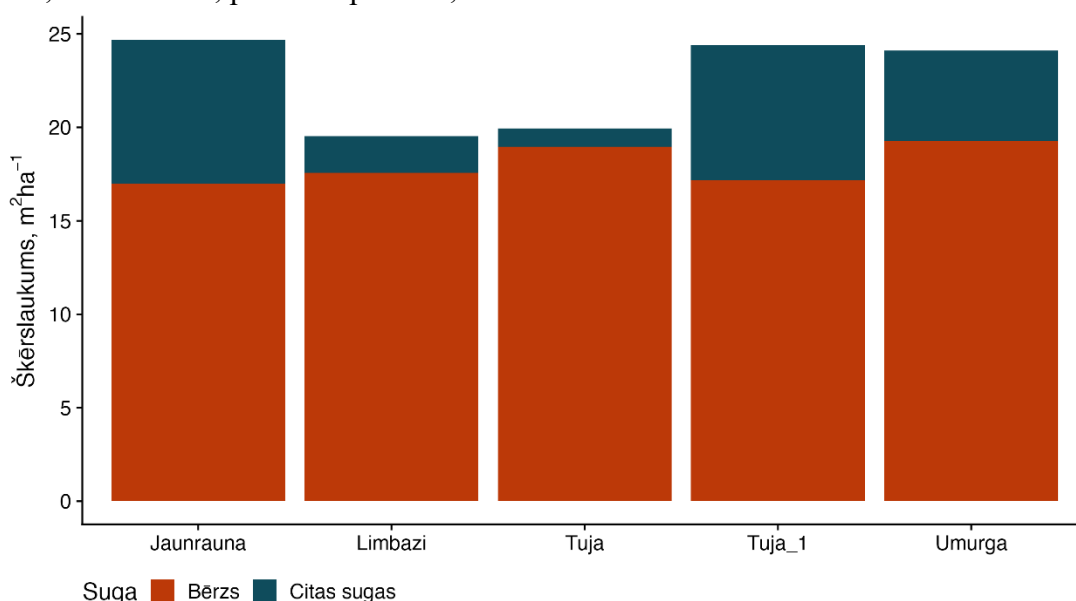
Veģētācijas raksturošanai parauglaukumos izdalīti trīs stāvi – koku un krūmu, lakstaugu, sūnu un ķērpju. Katrā 1x1m parauglaukumā noteikts augu sugu sastāvs un to procentuālais segums. Koku un krūmu stāvā iekļauti tie koki, kuru caurmērs ≤ 6 cm un augstums ≤ 2 m. Fiksēts nobiru, atsegtas augsnes, kritalu un koku sakņu kaklu aizņemtais procentuālais segums parauglaukumā, kas kopā ar sūnu un ķērpju stāvu veido 100% segumu.

Kokaudzes uzmērīšanas veikta apļveida parauglaukumā, kura $R=12.62$ m (katra parauglaukuma platība 500m^2) (4.1.2. att.). Izmantojot dastmēru, uzmērīts katra parauglaukumā fiksētā koka caurmērs (cm), taču mērījumi veikti vienīgi tiem parauglaukumā augošajiem kokiem, kuru caurmērs > 6.1 cm \varnothing . Pierakstīta katra kokauga suga. Trīs individuāliem dažādu dimensiju bērziem izmērīts augstums (m). Parauglaukumu centrs atzīmēts ar armatūras stieni. Piefiksētas katra parauglaukuma centra koordinātas.

Datu apstrādes ietvaros katram parauglaukumam, izmantojot iegūtos caurmēra mērījumus, aprēķināts šķērslaukums m^2/ha (iekļaujot visus kokus, kuru caurmērs > 6.1 cm \varnothing). Pēc tam iegūtas pētīto nogabalu vidējās audzes šķērslaukuma vērtības. Lai raksturotu bērzu (kuri lielākoties veidoja kokaudzes pirmo stāvu) īpatsvaru audzē, aprēķināta to proporcija no kopējā audzes šķērslaukuma. Lai raksturotu kopējo audzes biežību nogabalos, aprēķināts kopējais audzes biežums (n/ha) katrā parauglaukumā, pēc tam iegūstot mežu nogabalu vidējās vērtības. Arī audzes biežības gadījumā, aprēķināts bērzu īpatsvars.

Lai raksturotu zemesdzes veģetācijas daudzveidību, no katra nogabala parauglaukumu vērtībām iegūtas vidējās mežu nogabalu sugu skaita vērtības, analizējot sugu pārstāvību katrā no izdalītajiem veģetācijas stāviem (lakstaugi, koki un krūmi, sūnas un ķērpji). Noteiktas parauglaukumos visbiežāk sastopamās zemesdzes veģetācijas sugas. Lai salīdzinātu veģetācijas sugu skaitus starp apsekotajām vietām (pētītajiem mežu nogabaliem), izmantoti vispārinātie lineārie modeļi jeb Puasona regresija (Puasona GLM). Ja vietas ietekme bija būtiska, izmantots Tukey tests grupu savstarpējam salīdzinājumam.

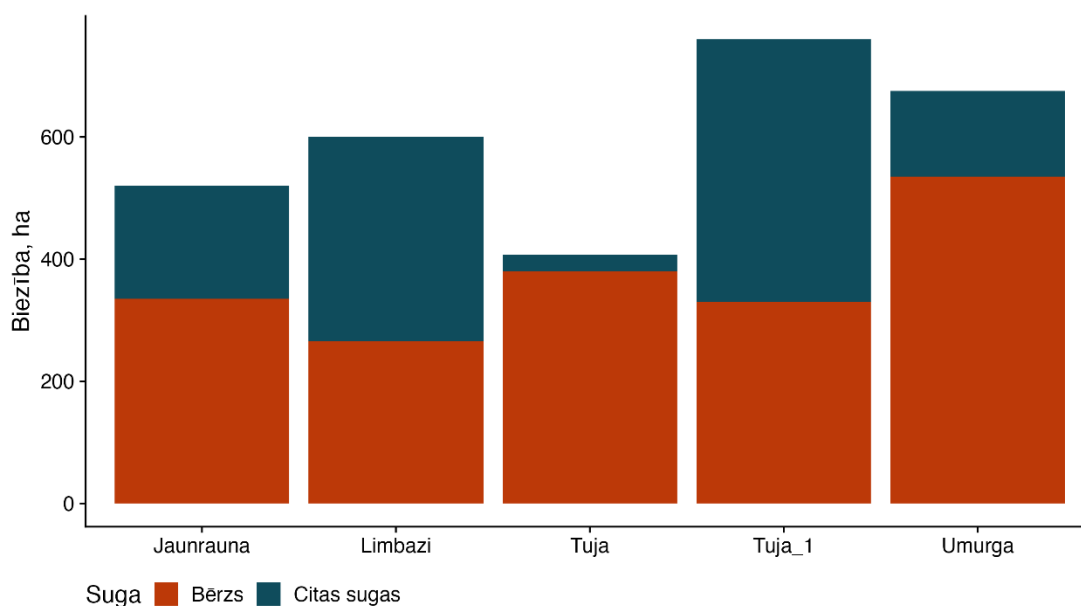
Apsekotajās zemas biežības bērzu audzēs vidējais kopējais audzes šķērslaukums variēja no 19.53 ± 1.93 m²/ha Limbažu mežu nogabalā līdz 24.68 ± 3.58 m²/ha Jaunraunas mežu nogabalā (vidējais \pm standartnovirze) (4.1.3. att.). Taču visos mežu nogabalos vidējais bērzu šķērslaukums bija mazāks par 20 m²/ha, variējot no vidēji 16.98 ± 2.57 m²/ha Jaunraunas nogabalā līdz 19.28 ± 3.10 m²/ha Umurgas nogabalā. Augstāks kopējais šķērslaukums norāda uz citu koku sugu īpatsvaru audzes pirmajā un otrajā stāvā, kur dažos gadījumos tika konstatēta parastā egļe, melnalksnis vai parastā apse, vai paaugas un pameža sugu īpatsvaru – parastā egļe, parastais ozols, parastā kļava, melnalksnis, parastais pīlādzis, lazda u.c.



Atsevišķi izdalīts bērzu šķērslaukums (oranžais aizkrāsojums), lai atainotu to īpatsvaru pret kopējo audzes šķērslaukumu, kā arī citu kokaugu sugu īpatsvaru (tumšais aizkrāsojums).

4.1.3. attēls. Vidējais kopējais audzes šķērslaukums (m²/ha) apsekotajos zemas biežības bērzu mežu nogabalos

Vidējais kopējais audzes biežums variēja no 520 ± 16.33 kokiem uz hektāru Jaunraunas nogabalā līdz 760 ± 133.67 kokiem uz hektāru Tūja_1 nogabalā (4.1.4. att.). Vidējais bērzu biežums nogabalos lielākoties nepārsniedza 400 kokus uz hektāru, variējot no vidēji 265 ± 44.35 kokiem uz hektāru Limbažu nogabalā līdz 380 ± 23.09 kokiem uz hektāru Tūjas nogabalā. Izņēmums ir Umurgas nogabals, kurā konstatēts vidēji lielāks bērzu skaits jeb 535 ± 61.91 koki uz hektāru. Tūjas_1 un Limbažu nogabalos novērots lielāks citu sugu skaita īpatsvars, kas visticamāk raksturo paaugas un otro kokaudzes stāvu, jo šo koku caurmērs nav liels, spriežot pēc šķērslaukuma vērtībām (4.1.3. att.). Tūjas audzē novērojams vislielākais bērzu īpatsvars, gan pēc audzes biežības, gan šķērslaukuma rādītājiem.

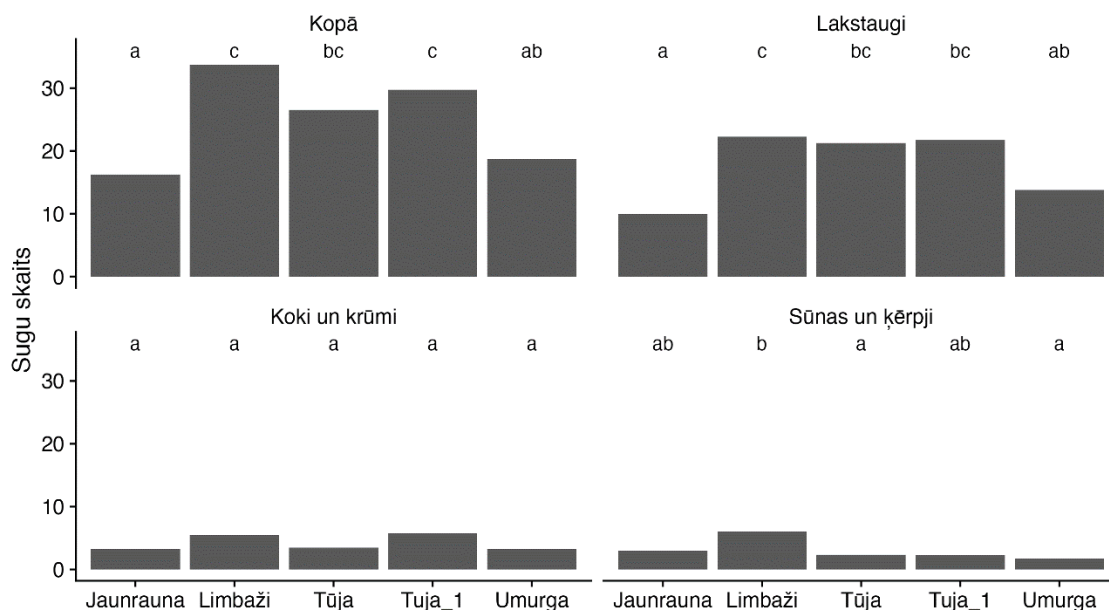


Atsevišķi izdalīts bērzu biežums (oranžais aizkrāsojums), lai atainotu to īpatsvaru pret kopējo audzes biežumu, kā arī citu kokaugu sugu īpatsvaru (tumšais aizkrāsojums).

4.1.4. attēls. Vidējais kopējais audzes biežums (koki/ha) apsekotajos zemas biežības bērzu mežu nogabalos

Zemas biežības bērzu audzēs kopumā fiksētas 115 dažādas zemsedzes veģētācijas sugas, no kurām 76 konstatētas lakstaugu stāvā, 23 – koku un krūmu stāvā, bet 16 – sūnu un ķērpju stāvā. Pētīto nogabalu parauglaukumos visbiežāk konstatētās lakstaugu stāva veģētācijas sugas bija pūkainā zemzālīte *Luzula pilosa* (18 reizes jeb 18 parauglaukumos), divlapu žagatiņa *Maianthemum bifolium* (15 reizes), meža zaķskābene *Oxalis acetosella* (15 reizes), eiropas septiņstarīte *Trientalis europaea* (14 reizes) un vijolišu ģints *Viola sp.* sugas (12 reizes). Visbiežāk koku un krūmu stāvā konstatētās veģētācijas sugas bija parastā egle *Picea abies* (10 reizes), parastais ozols *Quercus robur* (arī 10 reizes), lazda *Corylus avellana* (deviņas reizes), parastā liepa *Tilia cordata* (astoņas reizes) un parastā kļava *Acer platanoides*, trauslais krūklis *Frangula alnus*, parastais osis *Fraxinus excelsior*, parastais pīlādzis *Sorbus aucuparia*, kuras katra tika konstatētas sešas reizes jeb sešos parauglaukumos. Sūnu un ķērpju stāvā visbiežāk konstatētās sugas bija platlapu knābīte *Eurhynchium angustirete* (deviņas reizes jeb deviņos parauglaukumos), Šrēbera rūšaine *Pleurozium schreberi* (arī deviņas reizes), sausienes skrajlape *Plagiomnium affine* (septiņas reizes), viļņainā divzobe *Dicranum polysetum* (piecas reizes) un lielā spuraine *Rhytidiadelphus triquetrus*, kas parauglaukumos arī konstatēta piecas reizes.

Kopējais veģētācijas sugu skaits variē no 16.25 ± 2.63 sugām Jaunraunas nogabalā līdz 33.75 ± 2.06 sugām Limbažu audzē (4.1.5. att.). Kopējā sugu skaita atšķirības starp vietām ir statistiski būtiskas ($p < 0.01$). Limbažu audzē novērojams arī lielākais vidējais sugu skaits lakstaugu stāva jeb 22.25 ± 2.63 sugas, kā arī lielākais vidējais sūnu un ķērpju stāva sugu skaits jeb 6.00 ± 2.00 sugas. Lakstaugu stāvā vidēji mazākais sugu skaits novērots Jaunraunas (10 ± 2.94 sugas) un Umurgas (13 ± 3.77 sugas) nogabalos. Umurgas un Tūja_1 nogabalos novērojamas zemākās vidējas sūnu un ķērpju stāva sugu skaita vērtības jeb attiecīgi – 1.75 ± 0.5 un 2.25 ± 1.50 sugas. Lakstaugu sugu skaits, kā arī sūnu un ķērpju sugu skaits, būtiski atšķiras starp audzēm (abos gadījumos p -vērtība < 0.01).



Burti virs vidējo vērtību stabīņiem norāda uz kopu atšķirībām (salīdzinot pa pāriem, ja burti atšķirīgi – starp konkrētajām lokācijām pastāv statistiski būtiskas (p -vērtība < 0.05) atšķirības).

4.1.5. attēls. Nogabalu salīdzinājums pēc sugu skaita atkarībā no piederības sugu skaita kategorijai (kopējais; lakstaugu stāvā; koku un krūmu stāvā; sūnu un ķerpju stāvā)

Vidējais sugu skaits koku un krūmu stāvā variē no 3.35 ± 1.50 sugām Jaunraunas un Umurgas nogabalos līdz 5.75 ± 2.22 sugām Tūja_1 nogabalā. Koku un krūmu stāva sugu skaita atšķirības starp apsekotajiem nogabaliem nav statistiski būtiskas ($p=0.209$).

Etapā veikta plānotā veģetācijas datu ievākšana. Sugu skaita un citu daudzveidības rādītāju analīze, saistībā ar audzes biežību tiks veikta pēc noslēguma etapā paredzētas audžu uzmērīšanas

5. Egļu sēklu ražas kāpināšanas metožu aprobācija.

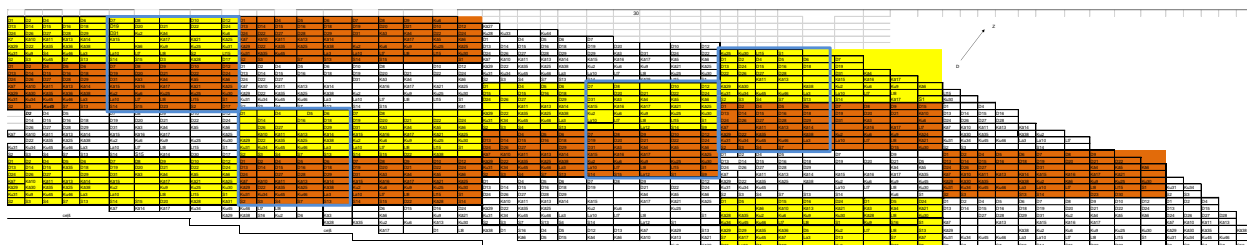
Pamatojums

Sēklu plantācijas nodrošina selekcijas darba rezultātu pārnesi mežkopībai. Egļu sēklu ražas ir neregulāras, būtiski izstrādāt metodes tās negatīvi ietekmējošo faktoru mazināšanai.

Saskaņā ar vienošanos ar LVM Sēklas un stādi, darbi veikti sēklu plantācijā "Šarlotes-3" (5.1.att.). Izvēlēti divi fungicīdi: Topas 100 EC un Conclude AZT (līdz šim nav ticis pielietots). Abi ir sistēmas iedarbības preparāti un īpaši iedarbīgi agrīnajā slimības stadijā (inficēšanās, sēnes ieaugšana koka šūnās). Sēnes sporas visaktīvāk izplatās, kad gaisa temperatūra dienā sasniedz 15-20°C. Tādēļ izvēlēti divi apstrādes laiki: 2.05.2024. un 16.05.2024. Ņemot vērā otrā etapa rezultātus, ka arī viena sēklu plantācijas sektora ietvaros apstrādes varianta novietojumam bija būtiska ietekme uz rūsas sēnes bojājumiem, apstrāde ar katru no preparātiem veikta 6 plantācijas blokos, kas vienmērīgi izvietoti visā platībā (5.2. att.). Tāpat vienmērīgi izvietoti nepastrādātie bloki (kontrolē). Veikta visu rametu uzmērīšana, nosakot to caurmēru, augstumu, zaļā vainaga sākuma augstumu un vainaga projekciju divos virzienos. Čiekuru ievākšana, rūsas ietekmes raksturošana un apstrādes efektivitātes novērtējums tiks veikts līdz etapa noslēgumam pēc pētījuma 2. etapa pārskatā aprakstītās metodikas.



5.1. attēls. Apstrādes ar fungicīdu veikšana egļu sēklu plantācijā "Šarlotes - 3"



5.2. attēls. Ar fungicīdu Topas 100 EC (dzeltens) un Conclude AZT (brūns) apstrādāto platību izvietojums egļu sēklu plantācijā "Šarlotes - 3"

2024. gada rudenī katrā stādījuma blokā novērtēja visus eksperimentam izvēlēto klonu (15 gab.) kokus. Ja attiecīgajam kokam bija čiekuri, no katra koka ievāca līdz 15 čiekuriem: pa pieciem katrā no trim augstumiem – vainaga apakšas, vainaga vidusdaļas un galotnes. Čiekurus vāca pēc kārtas no viena zara vai vairākiem zariem, ja uz izvēlēta zara nebija pieci čiekuri. Čiekurus no katra augstuma ievietoja atsevišķā paraugu maisiņā un marķēja (bloka apzīmējums - klona numurs

– augstums, kur 1 – apakša; 2 – vidus; 3 – galotne). No eksperimenta atkārtojuma grupām 1., 3., 5. čiekurus ievāca no ziemeļiem; grupās 2., 4., 6. no dienvidiem. Vizuāli tika novērtētas arī plantācijai apkārt esošās ievas, atzīmējot shēmā, pret kuru sleju ievas (>2 m augstumā) ir sastopamas un cik to ir.

Ievāktie čiekuri nogādāti LVMI “Silava” laboratorijā, kur čiekuri žāvēti vienu līdz divas nedēļas istabas temperatūrā un pēc tam vizuāli novērtēti. Pirmkārt, pārbaudīta rūsas sēnes infekcijas klātbūtne, novērtēts vai uz čiekuru sēklzvīņām ir izveidojušās lodveida ecīdijas (sēnes bezdzimumsporu veidojošās struktūras). Ievu-egļu rūsas ecīdijas ir izmēros no viena līdz diviem milimetriem diametrā. Sākumā tās ir oranžā krāsā, vēlāk kļūst tumši brūnas. Inficētos čiekurus var viegli atšķirt no veselajiem arī pēc plaši atvērtajām sēklzvīņām, uz kurām atrodas sēnes ecīdijas (5.3. attēls).



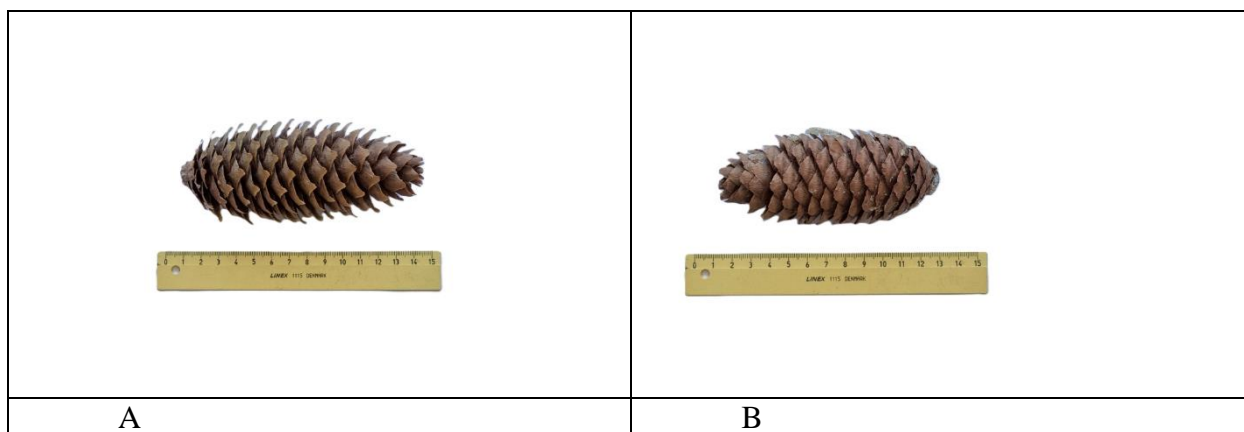
A



B

5.3. attēls. Ievu-egļu rūsas sēne ecīdiju stadijā. A – ar rūsas sēni inficēts čiekurs, kuram ir plaši atvērtas sēklzvīņas, uz kurām izveidojušās rūsas sēnes ecīdijas. B – čiekuru sēklzvīņas ar ievu-egļu rūsas sēņu ecīdijām dažādās to attīstības stadijās.

Novērtētas arī čiekura individuālās īpašības – vai pēc žāvēšanas čiekurs atvēries (aizvērts, daļēji atvērts, pilnīgi atvērts, atvērts - bojāts čiekurs) (5.4. attēls), nomērīts čiekura garums un platums, kā arī atzīmēts, vai čiekurā nobriedušas sēklas un vai čiekuru kolonizējis egļu čiekuru svilnis (*Dioryctria abietella* Schiff.) (5.5. attēls).



5.4. attēls. Čiekuri ar plaši (A) vai daļēji (B) atvērtām sēklzvēnām pēc žāvēšanas



5.5. attēls. Egļu čiekuru sviļņa (*Dioryctria abietella*) bojāti čiekuri ar plaši atvērtām sēklzvēnām pēc žāvēšanas

Rūsas klātesamības ietekmējošo faktoru noskaidrošanai izmantoti individuālie pielāgotie vispārīgie lineārie jaukta efekta modeļi (*glmer*) ar binomiālu datu sadalījumu (*family = binomial*). Modeļu vispārīgā forma ir:

$$\log(E(T)) = \beta_0 + \beta_1 \times A + \beta_2 \times K \text{ vai } I + \beta_3 \times G + \beta_4 \times H + \beta_5 \times S + u(Bl, St, Koks),$$

kur $\log(E(T))$ – logaritms no taksonu grupas paredzamās vērtības, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ – regresijas koeficienti, kas saistīti ar mainīgajiem: apstrādes veids (A), klons (K) vai izcelsme (I), čiekuru garums (G), čiekuru ievākšanas augstums (H), sviļņa klātbūtne (S). Reizinājums $u(\text{Apstrādes bloks}, \text{Stādījumu bloks}, \text{Koks})$ apzīmē nejaušo efektu atlikuma vērtības. Nejaušo efektu būtiskuma līmeņi novērtēti, balstoties uz dispersijas analīzi (*anova*). Datu analīzi veica programmā R v.4.3.0. (R Core Team, 2023).

Kopumā analizēti 2412 čiekuri: 910 no tiem ar reprezentēja ar *Topas 100 EC* apstrādātos kokus, 781 reprezentēja ar *Conclude AZT* apstrādātos kokus un 721 čiekuri reprezentēja kontroles jeb neapstrādātos kokus (0. tabula). Rūsas īpatsvars bija zems: tā bija sastopama 184 jeb 7,6% analizēto čiekuru (1. tabula). Attiecīgi 83,5% čiekuru bija ar sēklām. Čiekuru vidējais garums bija 11,5 cm un vidējais platums 4,5 cm, tas būtiski neatšķīrās starp apstrādes variantiem.

5.1.tabula.

Ievākto čiekuru skaita sadalījums pa kloniem, apstrādes variantiem, kā arī rūsas un sviļņa sastopamība tajos

Klons	Čiekuru skaits	Čiekuri ar rūsas	Čiekuri ar sviļņi	Apstrāde		
				<i>Topas 100 EC</i>	<i>Conclude AZT</i>	Kontrole - nemiglo
D1	133	17	41	47	27	59
D15	200	6	31	75	65	60
D22	164	14	40	37	62	65
D24	301	17	40	105	99	97
D5	198	30	35	85	54	59
Kā13	133	14	50	39	56	38
Kā17	96	6	26	39	36	21
Kā25	74	3	42	10	38	26
Kā35	200	8	29	81	76	43
Kā38	112	9	33	41	47	24
Ku2	161	8	34	71	28	62
Ku31	126	5	18	57	46	23
Ku45	195	13	35	73	52	70
Ku6	149	6	25	61	55	33
Ku9	170	28	57	89	40	41
Kopā	2412	184	536	910	781	721

5.2. tabula.

Analizēto čiekuru sadalījums pa apstrādes variantiem un novērtētajiem parametriem

Apstrādes varianti	Novērtētās čiekuru pazīmes								
	Rūsa %	Čiekuri ar sēklām %	Sviļņa klātbūtne %	Atvērti veseli čiekuri %	Atvērti bojāti čiekuri %	Daļēji atvērti čiekuri %	Aizvērti čiekuri %	Vid. garums, cm	Vid. platums, cm
Conclude N=781	6,7	86,2	18,2	66,8	13,3	16,7	3,2	11,3	4,5
Topas N=910	7,4	82,3	17,2	63,5	11,8	20,4	4,3	11,7	4,5
Kontrole – nemiglo N=721	9	81,9	33,2	56,5	25,3	16,4	1,8	11,6	4,5

Kopējā vispārinātu jauktu efektu analīzes modelī iegūts, ka būtiski rūsas sastopamību ietekmē gan sēklu izcelsmes vieta, gan klons, kā arī bieži rūsas skartajos čiekuros bija sastopams arī egļu čiekuru sviļnis. Salīdzinot modeļus, kurā iekļauta izcelsmes vieta un klons, starp modeļiem tika konstatētas būtiskas atšķirības ($p < 0,05$), modelis, kas iekļāva specifiskāku izcelsmes informāciju, respektīvi klonus, labāk izskaidroja rūsas sastopamību ietekmējošos faktoros (5.3. tabula). No nejaušajiem efektiem konstatēta lielāka datu izkliede starp individuāliem kokiem, nekā starp stādījuma blokiem.

5.3. tabula.

Jaukta vispārināta modeļa fiksēto efektu H_i kvadrāta vērtības un to būtiskums saistībā ar rūsas sastopamību egļu čiekuros. (* – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001)

Fiksētie efekti	H _i kvadrāta vērtības	H _i kvadrāta statistiskā vērtība
Apstrādes veids	2,6142	0,2706
Klons	41,8437	0,0004***
Čiekuru atvērums	2,4366	0,2957
Čiekuru garums	1,3185	0,2509
Čiekuru platums	0,0350	0,8516
Čiekuru ievākšanas augstums	0,5474	0,9084
Svilņa klātbūtne	189,1985	< 2,2e-16 ***

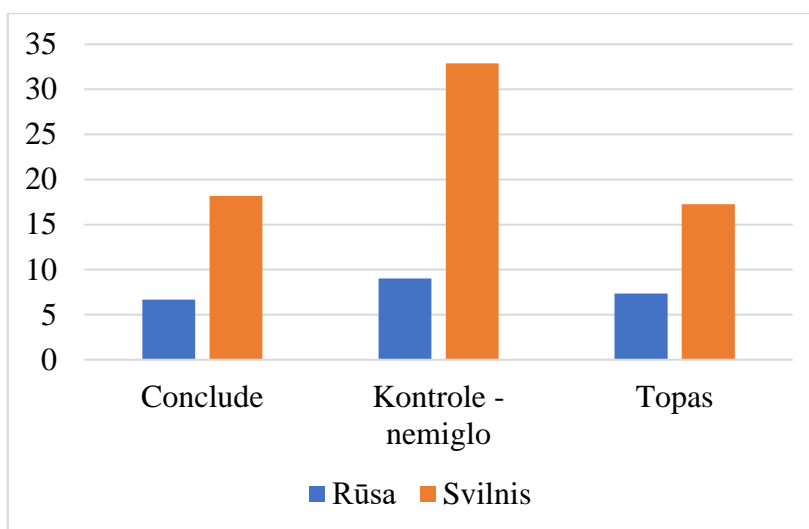
Papildus pārbaudījām, kā egļu čiekuru svilņa sastopamību ietekmē pētījumā novērtētie faktori un konstatējām ļoti augstu saistību ar apstrādes variantiem, koku izcelsmes parametriem un čiekuru morfoloģiju (5.4. tabula).

5.4. tabula.

Jaukta vispārināta modeļa fiksēto efektu H_i kvadrāta vērtības un to būtiskums saistībā ar egļu čiekuru svilņa sastopamību egļu čiekuros. (* – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001)

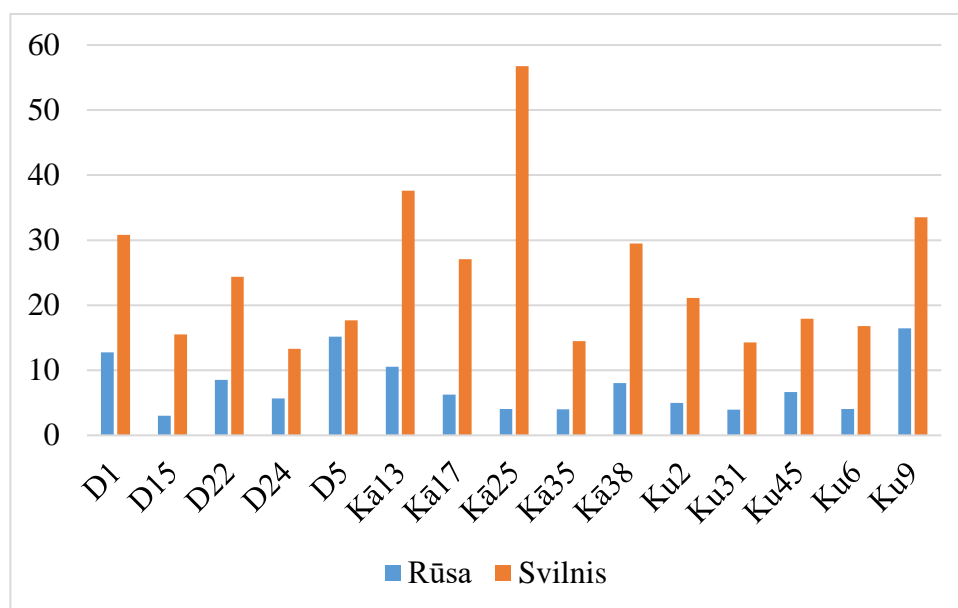
Fiksētie efekti	H _i kvadrāta vērtības	H _i kvadrāta statistiskā vērtība
Apstrādes veids	40,3147	1,761e-09 ***
Klons	125,1682	< 2,2e-16 ***
Čiekuru atvērums	34,2780	3,603e-08 ***
Čiekuru garums	0,3983	0,5280
Čiekuru platums	17,1140	3,520e-05 ***
Čiekuru ievākšanas augstums	7,5718	0,0557
Rūsas klātbūtne	222,3711	< 2,2e-16 ***

Kopumā iegūtie dati norāda, ka veiktajai apstrādei ir bijusi negatīva ietekme uz čiekuru svilņa sastopamību, un līdz ar to pakārtota negatīva ietekme arī uz čiekuru inficēšanos ar rūsas sēni (5.6. attēls). Iesakām turpināt izvērtēt augu aizsardzības līdzekļu lietojumu sēklu plantācijās, mērķējot aizsardzību primāri pret egļu čiekuru svilni. Jāatzīmē, ka rūsas sastopamība šī gada paraugos bija salīdzinoši zema, līdz ar to apstrādes ietekme varētu būt izteiktāka gados ar lielāku inficēšanās potenciālu.



5.6. attēls. Čiekuru relatīvā inficētība (%) ar rūsas sēni un čiekuru svilni atkarībā no apstrādes varianta

Attiecībā pret konstatēto egļu klonālo atšķirību ietekmi uz rūsas un egļu čiekuru sviļņa sastopamību, iesakām pievērst uzmanību klonu uzņēmībai pret rūsu un čiekuru svilni selekcijas procesā, īpaši atlasot klonus sēkļu plantācijām (5.7. attēls).



5.7. attēls. Čiekuru relatīvā inficētība (%) ar rūsas sēni un čiekuru svilni atkarībā no egļu klona

Čiekuru sviļņis ir jutīgs pret insekticīdiem, īpaši sistēmiedarbības insekticīdiem (Whitehouse et al. 2011). Kaut parasti fungicīdu aktīvās vielas ir ar specifisku iedarbību pret sēnēm un līdz ar to arī tiek plašāk testētas pret noteiktu organismu grupu, tomēr atsevišķi pētījumi liecina, ka *Conclude* AZT sastāvā esošais azoksistrobīns ietekmē bišu fizioloģiju un attīstību (Duan et al. 2024). Līdz ar to testētajiem fungicīdiem varētu būt ietekme arī uz sviļņa attīstību, īpaši tā agrīnajās stadijās.

Kopsavilkums

1. Izmantojot fungicīdus *Topas 100 EC* un *Conclude AZT*, nav konstatēts tiešs pozitīvs efekts uz čiekuru rūsas īpatsvara samazinājumu.
2. Apstrādei ar fungicīdiem konstatēta negatīva ietekme uz egļu čiekuru svilni ($p < 0,05$) un potenciāli netiešs efekts uz rūsas sēnēm.
3. Egļu čiekuru rūsas sēnes un egļu čiekuru sviļņa sastopamība ir saistīta ar egļu klonālajām atšķirībām ($p < 0,05$).

Literatūra

Duan X, Yao H, Tong W, Xiong M, Huang S, Li J. Azoxystrobin Exposure Impacts on Development Status and Physiological Responses of Worker Bees (*Apis mellifera* L.) from Larval to Pupal Stages. *Int J Mol Sci.* 2024 Nov 3;25(21):11806. doi: 10.3390/ijms252111806.

R Core Team 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

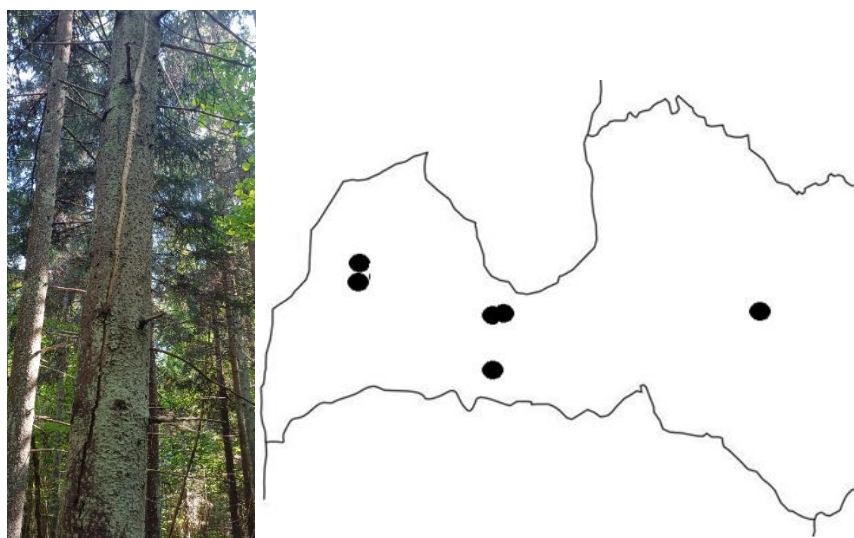
Whitehouse CM, Roe AD, Strong WB, Evenden ML, Sperling FAH. Biology and management of North American cone-feeding *Dioryctria* species. *The Canadian Entomologist.* 2011;143(1):1-34. doi:10.4039/n10-045

6. Metožu klimata noturīgu genotipu atlasei selekcijā attīstība.

Pamatojums

Veģetatīvi pavairota materiāla (klonu) izmantošana nodrošina augstāku jauno audžu ražību, tomēr saistīta ar augstāku selekcijas darba neprecizitāšu ekonomisko ietekmi. Tādēļ materiālam (genotipiem), kas paredzēts šādi izmantošanai, būtiski veikt vērtējumu lielākā stādījumu vecumā, nekā definēts selekcijas programmā. Tāpat svarīgs detalizētāks iespējamo izdzīvošanu un stumbra kvalitāti, rezistenci raksturojošo pazīmju vērtējums, vienlaikus iegūstot informāciju par šo pazīmju attīstības likumsakarībām, kas izmantojama turpmākā selekcijas darbā.

Pētījuma etapā saskaņā ar plānoto turpināta 6 stādījumu datu statistiskā analīze (6.1. att.) un nodrošināta manuskripta sagatavošana "Development dynamics of stem defect of Norway spruce" žurnālam "Baltic Forestry".



6.1. attēls. Egles stumbra defekts un vērtēto klonu stādījumu izvietojums

Klonam (ģenētikai) ir statistiski būtiska un nozīmīga ietekme uz koku caurmēru ātraudzību, kā arī stumbra plaisu veidošanos. Papildus klonam konstatēta arī ietekme uz biotisko faktoru (mizgrauži, pānadži) izraisītiem bojājumiem. Ilgstošāki novērojumi ļautu novērtēt, vai šī ietekme ir tieša, vai saistīta ar mijiedarbību starp meteoroloģiskajiem (vai citiem vides) un ģenētiskajiem faktoriem. Tāpat kā papildus indikators izmantojama koku zaļā vainaga proporcija (no kopējā koka augstuma): tai esot lielākai, vairākumā gadījumu vērtētie stumbra defekti ir mazāk, liecinot par koka vitalitāti un spēju ārējās ietekmes ātrāk pārvarēt. Tas redzams, vērtējot arī stumbra plaisu attīstības dinamiku: novērota gan garāku plaisu aizaugšana, gan mazāku (pieņemams, ka arī jaunāku) plaisu palielināšanās laika gaitā, vidējam plaisu garumam nemainoties. Vienlaikus konstatētas šīs dinamikas atšķirības starp kloniem un koku vitalitātes (vainaga garuma) grupām.