



PĀRSKATS
PAR PĒTĪJUMA 2023. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: **Sakņu trapes bojājumu risku mazināšana
un tās ietekmes izpēte**

LĪGUMA NR. 5-5.9.1_007q_101_21_79

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS VADĪTĀJS:

Tālis Gaitnieks, 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, 2023

SATURS

IEVADS	9
1. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBA SKUJU KOKU AUDZĒS	11
1.1. Sakņu piepes sastopamība vidēja vecuma priežu audzēs	11
1.2. Sakņu piepes attīstības dinamikas novērtējums priežu jaunaudzēs	12
1.3. <i>Armillaria</i> spp. sugu sastopamība egļu audzēs ar kūdras un minerālaugsnēm	13
1.3.1. Materiāli un metodes	13
1.3.2. Rezultāti	18
1.3.3. Secinājumi	22
1.4. Augsnes sagatavošanas veida (pacilas vai vagas) ietekme uz trupī izraisīto sēņu sastopamību	22
1.5. <i>Heterobasidion</i> micēlija saglabāšanās inficētos egles sakņu fragmentos, stādu inficēšanās no trupējušiem sakņu fragmentiem	23
1.6. Stādījumu monitorings celmu izstrādes parauglaukumos	24
1.7. Dažāda augstuma mazo dimensiju celmu ietekme uz trupes izplatību sastāva kopšanas cirtēs	25
1.8. Sēņu un bezmugurkaulnieku daudzveidības novērtējums trupējušā koksne	26
2. ALTERNATĪVA CELMU APSTRĀDES PREPARĀTA IZSTRĀDE LĪDZ ŠIM PIELIETOTAJAM “ROTSTOP”, TĀ EFEKTIVITĀTES NOVĒRTĒJUMS	32
2.1. Somijā ražotā preparāta “Rotstop” efektivitātes monitorings un vietējo <i>P. gigantea</i> izolātu pārbaude	32
2.1.1. Metodika	32
2.1.2. Rezultāti	34
2.1.3. Secinājumi	39
2.2. Citu celmus kolonizējošo sēņu izmantošanas potenciāla novērtējums bioloģisko preparātu efektivitātes uzlabošanā - <i>Trichaptum abietinum</i> nozīme sakņu piepes ierobežošanā	39
2.2.1. <i>T. abietinum</i> izolātu iegūšana un to augšanas ātruma novērtējums	39
2.2.2. <i>T. abietinum</i> antagonisma novērtējums laboratorijas apstākļos	41
2.2.3. Izolātu efektivitāte pret <i>Heterobasidion</i> skuju koku ripās un nogriežņos	42
2.2.4. Secinājumi	45
2.3. Somijā ražotajam līdzeklim “Rotstop” alternatīva preparāta izstrādāšana	45
3. SAKŅU TRUPI IZRAISOŠO SĒŅU POPULĀCIJU STRUKTŪRA UN DINAMIKA ILGTSPĒJĪGAS MEŽSAIMNIECĪBAS PRAKSĒ PERSPEKTĪVO INTRODUCĒTO KOKU SUGU MEŽAUDZĒS	48
3.1. Informācija par Klinškalnu priedes <i>Pinus contorta</i> un lapegles <i>Larix</i> sp. uzņēmību pret celmeni un sakņu piepi	48
3.2. Sakņu trupes izplatīšanās ātrums perspektīvākajām introducēto koku sugām	50
3.2.1. Metodika	50
3.2.2. Rezultāti	53
3.2.3. Secinājumi	55
3.3. Perspektīvākās introducētās koku sugas rezistences pret sakņu trupī novērtējums	56
4. Rekomendācijas sakņu piepes izraisīto zaudējumu samazināšanai	57
4.1. <i>P. gigantea</i> attīstība trupējušā priedes koksne	57
4.1.1. Materiāli un metodes	57
4.1.2. Rezultāti	59
4.1.3. Secinājumi	60

4.2. <i>P. gigantea</i> augļķermeņu attīstību ietekmējošie faktori un sporu izdalīšanās potenciāla novērtēšana.....	60
4.2.1. Secinājumi	65
4.3. Eksperimentālajos stādījumos izdalīt rezistentāko priežu provenienču/ ģimeņu ģenētisko materiālu priežu audzēs	66
4.3.1. Materiāls un metodes.....	66
4.3.2. Rezultāti.....	66
Bibliogrāfiskais saraksts	68
PIELIKUMI	74

TABULU SARAKSTS

1.2. tabula. Informācija par apsekotajām priežu jaunaudzēm.....	13
1.3.1. tabula. Pētījumā iekļauto audžu raksturojums.	14
1.3.2. tabula. Ievāktu skaidu paraugu raksturojums pēc to sablīvējuma.....	17
1.3.3. tabula. Augsnes paraugu skaits ar/bez rizomorfām analizētajos parauglaukumos.	18
1.3.4. tabula. Rizomorfu morfoloģisko parametru vidējās vērtības (\pm standartnovirze) analizētajos parauglaukumos.	19
1.3.5. tabula. Rizomorfu paraugos noteiktās <i>Armillaria</i> spp. sugas.	21
1.3.6. tabula. <i>Armillaria</i> sastopamība un sugu sastāvs apsekotajos celmos egļu audzēs.	21
1.4. tabula. Pētījuma objekti	22
1.5. tabula. Analizēto skuju koku skaits un trupējušo sakņu fragmentu raksturojums.....	24
1.6. tabula. Pētījumu objektu raksturojums.	25
1.8. tabula. Informācija par slazdu izvietojumu un veidu.....	27
4.1.1. tabula. Eksperimentā iekļauto audžu raksturojums	57
4.1.2. tabula. Analizētie priežu celmi.	58
4.2.1. tabula. MPS Kalsnava Mežu novada 13. parauglaukumā analizētās ripas / apsekojuma reizes.	63
4.2.2. tabula. <i>Heterobasidion</i> (Ha) un <i>P. gigantea</i> (Pg) micēlija vidējais relatīvais aizņemtais laukums ripās (%) deviņos parauglaukumos MPS Kalsnavas mežu novadā.....	64
4.3.1. tabula. 2023. gadā analizēto parastās priedes provenienču un ģimeņu stādījumu raksturojums.....	66
4.3.2. tabula. <i>Heterobasidion</i> infekcijas raksturojums 2023. gadā analizēto parastās priedes provenienču un ģimeņu stādījumos.	67

ATTĒLU SARAKSTS

1.1.1. att. 2023. gadā apsekotās <i>P. sylvestris</i> vidēja vecuma audzes.	11
1.1.2. att. 2021., 2022. un 2023. gadā apsekotās <i>P. sylvestris</i> vidēja vecuma audzes.	12
1.3.1. att. Kaltušas egles PL parauglaukumā.	14
1.3.2. att. Aka gruntsūdens līmeņa mērījumiem S parauglaukumā (atzīmēta ar bultu).	15
1.3.3. att. Augsnes paraugu ievākšana ar speciāli izgatavotu cilindru.	15
1.3.4. att. Augsnes bedrīte piepildīta ar bērza skaidām, 2022. gada jūlijs.	16
1.3.5. att. Rizomorfu ievākšana ar augsnes cilindru.	16
1.3.6. att. Attīrīts rizomorfu paraugs.	17
1.3.7. att. <i>Armillaria</i> spp. rizomorfas.	18
1.3.8. att. Pilns (no augsnes tilpuma 2355 cm ³) rizomorfu paraugs no K1 parauglaukuma.	20
1.3.9. att. Rizomorfu parauga daļa (no augsnes virskārtas līdz 10 cm dziļumam) no T parauglaukuma.	20
1.8.1. att. Logu slazds, kas izvietots pie izgāztas egles saknēm ar aktīvi sporulējošiem <i>Heterobasidion</i> augļķermeņiem.	26
1.8.2. att. Logu slazds, kas izvietots pie izgāztas egles stumbra ar aktīvi sporulējošiem <i>Heterobasidion</i> augļķermeņiem.	27
1.8.3. att. 6. logu slazds pirmajā apsekojuma reizē.	28
1.8.4. att. Slazdos ievākto bezmugurkaulnieku daudzums (%) pa kārtām 16 parauglaukumos.	28
1.8.5. att. Ievākto bezmugurkaulnieku daudzums (%) pa kārtām slazdos, kas izvietoti pie <i>Heterobasidion</i> augļķermeņiem un kontroles slazdos.	29
1.8.6. att. Ievākto vaboļu dzimtu daudzums (%) slazdos, kas izvietoti pie augļķermeņiem un kontroles slazdos.	30
1.8.7. att. Ievākto bezmugurkaulnieku daudzums (%) slazdos, kas izvietoti pie <i>Heterobasidion</i> augļķermeņiem, un kontroles slazdos Ogres un Kalsnavas reģionos.	31
2.1.1. att. Lielās pergamentsēnes izolātu ievākšana VD reģiona Vecumnieku iecirknī.	32
2.1.2. att. Bluķītis ar virsmā iestrādātām bedrītēm, kur iepilināta <i>P. gigantea</i> suspensija.	33
2.1.3. att. Bluķīša virsmas sadalījums sektoros.	34
2.1.4. att. <i>P. gigantea</i> izolātu vidējais augšanas ātrums un aizņemtais laukums egles koksnē. Varianti nr. 4-10 ir Latvijas izcelsmes <i>P. gigantea</i> izolāti.	35
2.1.5. att. <i>P. gigantea</i> micēlija attīstība egles koksnē.	36
2.1.6. att. <i>P. gigantea</i> vidēji aizņemtais laukums egles (a) un priedes koksnē (b) divos analizētajos dziļumos (3 un 9 cm).	37
2.1.7. att. <i>Heterobasidion</i> vidēji aizņemtais laukums egles koksnē.	37
2.1.8. att. <i>P. gigantea</i> izolātu efektivitāte pret <i>Heterobasidion</i> egles koksnē.	38
2.1.9. att. "Rotstop" un Latvijas <i>P. gigantea</i> izolātu efektivitātes salīdzinājums. a- 3 cm dziļumā; b- 9 cm dziļumā.	38
2.2.1. att. Shematisks attēlojums Skaistkalnes meža iecirknī apsekotajam <i>Picea abies</i> kokam nr.1;	39
2.2.2. att. Augšanas ātruma atzīmes izolātiem TR-2 un TR-4 (Petri trauka apakšpuse).	40
2.2.3. att. <i>T. abietinum</i> izolāts TR-3 un <i>H. annosum</i> izolāts V Ma 15.	41
2.2.4. att. Izolātu TR-5, TR-21 un TR-24 antagonisms pret <i>H. annosum</i> izolātu V Ma 15 (labajā pusē).	42
2.2.5. att. <i>T. abietinum</i> izolātu TR-21, TR-1 un TR-6 antagonisms pret <i>H. annosum</i> izolātu 12.2.PB (labajā pusē).	42
2.2.6. att. Ripu apstrāde ar <i>T. abietinum</i> izolātiem TR-21 (3) un TR-6 (4).	43
2.2.7. att. <i>Heterobasidion</i> aizņemtais laukums (%) <i>Pinus sylvestris</i> (P) un <i>Picea abies</i> (E) ripās atkarībā no apstrādes veida.	43

2.2.8. att. Trešā apstrādes varianta (<i>T. abietinum</i> izolāts TR-21) <i>Picea abies</i> nogriežņa pirmā (3 cm dziļumā) un otrā (9 cm dziļumā) novērtētā ripa.	44
2.2.9. att. Suspensiju efektivitātes E(%) novērtējums <i>Picea abies</i> nogriežņos, trīs un deviņu centimetru dziļumā atkarībā no apstrādes veida.	44
2.3.1. att. <i>P. gigantea</i> micēlija attīstība bioreaktorā iesala ekstrakta šķidrā barotnē	46
2.3.2. att. <i>P. gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> spp. relatīvais micēlija aizņemtais laukums celmu apstrādes eksperimentā.	47
3.2.1. attēls. Eksperimentam sagatavotie vienu metru garie Klinškalnu priedes nogriežņi.....	50
3.2.2. attēls. Eksperimenta dizains analizētajos blukīšos: a – izolātu iestrādes shematisks attēlojums; b – sagatavotie blukīši	51
3.2.3. attēls. Suspensiju ienešana blukīšu virsmā iestrādātajās bedrītēs (a) un blukīšu inkubēšana klimata kamerā (b).	52
3.2.4. attēls. <i>P. gigantea</i> attīstības novērtējums Skrīveru provenienci raksturojošā <i>Pinus contorta</i> blukītī.....	52
3.2.5. attēls. <i>P. gigantea</i> vidējais augšanas ātrums četrās <i>P. contorta</i> proveniencēs	53
3.2.6. attēls. <i>P. gigantea</i> vidēji aizņemtais laukums 6 cm dziļumā četrās <i>P. contorta</i> proveniencēs	54
3.2.7. attēls. <i>Heterobasidion</i> izolātu vidējais augšanas ātrums četrās <i>P. contorta</i> proveniencēs	54
3.2.8. attēls. <i>Heterobasidion</i> izolātu vidēji aizņemtais laukums 6 cm dziļumā četrās <i>P. contorta</i> proveniencēs	55
4.1.1. attēls. Analizētie celmi B9 (a) un K8 (b) ar atzīmētām zāģējuma vietām un atbilstošo koksnes paraugu numuriem.	58
4.1.2. attēls. No celmiem iegūto <i>Heterobasidion</i> izolātu salīdzināšana ar celmu apstrādē lietotajiem sēnes izolātiem <i>H. annosum</i> 1 (a) un <i>H. annosum</i> 2 (b).	58
4.2.2. attēls. <i>Heterobasidion</i> (a) un <i>P. gigantea</i> (b) auglķermeņu sporulācija.	62
4.2.3. attēls. <i>Heterobasidion</i> sp. un <i>P. gigantea</i> sporulācijas gradients.	64
4.2.4. att. <i>Heterobasidion</i> spp. un <i>P. gigantea</i> sporu infekcija deviņos parauglaukumos MPS Kalsnavas mežu novadā jūlija - oktobra mēnešos.	65

KOPSAVILKUMS

Lai novērtētu sakņu piepes sastopamību vidēja vecuma priežu audzēs apsekotas 26 audzes – koksnes paraugi ievākti no 166 kaltušiem kokiem – *Heterobasidion* infekcija konstatēta septiņās audzēs. Apsekotas trīs priežu jaunaudzēs, lai analizētu sakņu piepes attīstības dinamiku.

Septiņos parauglaukumos egļu audzēs ar kūdras augsnēm ievākti 105 paraugi *Armillaria* spp. rizomorfu veidošanās potenciāla novērtējumam. Secināts, ka rizomorfu bojājumi veicina *Armillaria* spp. izplatību kūdras augsnēs – dominējošā celmenes suga gan augsnē, gan koksnē ir *A. cepistipes*.

Apsekoti pieci ilgtermiņa celmu iztrādes parauglaukumi. Novērtējot *Heterobasidion* micēlija dzīvotspēju trupējušos egļu sakņu fragmentos, noskaidrots, ka piecu gadu laikā patogēna micēlijs saglabājies 25% sakņu fragmentu. Analizējot *Heterobasidion* un *Phlebiopsis gigantea* micēlija saglabāšanos dažāda augstuma priežu celmos, secināts, ka 15 centimetru augstajos celmos *Heterobasidion* micēlijs vairāk inficē saknes, salīdzinot ar sēnes izplatību 50 centimetru augstajos celmos.

Turpināti pētījumi, lai noskaidrotu *Heterobasidion* augļķermeņus kolonizējošo bezmugurkaulnieku lomu patogēna sporu izplatībā. Vidusdaugavas reģiona Ogres meža iecirknī un Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novadā izvietotajos 15 logu slazdos *Heterobasidion* augļķermeņu tuvumā retas vai aizsargājamas bezmugurkaulnieku sugas netika konstatētas.

Pārbaudot 10 Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolātus, secināts, ka piecu izolātu micēlija attīstība (augšanas ātrums un aizņemtais laukums) egles koksnē būtiski neatšķiras no preparāta “Rotstop” izolāta. Divi Latvijas izolāti uzrāda augstāku vai līdzvērtīgu efektivitāti pret *Heterobasidion* sporu infekciju, salīdzinājumā ar “Rotstop”. Analizējot *P. gigantea* un *Heterobasidion* attīstību dažādu provenienču Klinškalnu priedes koksnē, secināts, ka preparāts Rotstop un Latvijas izcelsmes izolāts PG182 efektīvi ierobežo trupi izraisošās patogēnās sēnes micēlija attīstību *Pinus contorta* koksnē. Sagatavoti vairāk kā 600 *P. contorta* stādi turpmākajiem pētījumiem, lai analizētu rezistenci pret *Heterobasidion* infekciju.

Lai noskaidrotu egļu violetpiepes *Trichaptum abietinum* potenciālu *Heterobasidion* izplatības ierobežošanā, laboratorijā pārbaudīta 29 izolātu micēlija attīstība un 10 izolātu (kas uzrādīja lielāku micēlija augšanas ātrumu) antagonisms pret *Heterobasidion*. *T. abietinum* izolāts TR-19 un TR-21 (suspensiju maisījumā kopā ar *P. gigantea*) uzrādīja antagonismu pret *Heterobasidion* ne tikai uz agara barotnes, bet arī egles koksnē.

Lai analizētu *P. gigantea* un *Heterobasidion* sporulācijas dinamiku pētījumā iekļauti 20 *P. gigantea* un 18 *Heterobasidion* augļķermeņi. Sporulācijas intensitāte analizēta deviņos parauglaukumos egļu audzēs. *P. gigantea* sporulācijas gradients novērtēts 0-50 m attālumā no sēnes augļķermeņiem. Secināts, ka *Heterobasidion* izdalīto sporu daudzums veģetācijas periodā divas līdz trīs reizes pārsniedz *P. gigantea* izdalīto sporu daudzumu. *P. gigantea* sporu infekcija konstatēta līdz 50 metru attālumam no augļķermeņiem. Salīdzinājumā ar *Heterobasidion* *P. gigantea* ir daudz jutīgāka pret izzūšanu.

SUMMARY

To assess the incidence of root and butt rot in middle-aged pine stands, 26 stands were surveyed - wood samples were collected from 166 dead trees - *Heterobasidion* infection was detected in seven stands. Three young pine trees were surveyed to analyze the dynamics of the development of the root rot.

105 samples of *Armillaria* spp. rizomorphs have been collected in seven plots in Norway spruce stands with peat soils to assess the potential for formation of *Armillaria* spp. rizomorphs. It is concluded that damage caused by rizomorphs contributes to the spread of *Armillaria* spp. in peat soils – the dominant species in both soil and wood is *A. cepistipes*.

Five long-term strain sampling plots have been surveyed. Assessing the viability of *Heterobasidion* mycelium in tramped spruce root fragments, it has been established that 25% of root fragments still have the mycelium of the pathogen within five years. Analysis of the persistence of *Heterobasidion* and *Phlebiopsis gigantea* mycelium in pine strains of varying heights concluded that in the 15 cm high stumps *Heterobasidion* mycelium is more likely to infect roots compared to the prevalence of the fungus in the 50 cm high stumps.

Further studies have been carried out to clarify the role of *Heterobasidion* fruiting bodies colonizing invertebrates in the spread of pathogen spores. No rare or protected invertebrate species were found in the 15 window traps near *Heterobasidion* fruit bodies located in the Ogre Forest station of the Central Daugava region and the Forest Research station in Kalsnava Forest District.

Examination of 10 Latvian origin *P. gigantea* isolates has concluded that the development of mycelium of five isolates (growth rate and occupied area) in Norway spruce wood is not significantly different from the preparation Rotstop. Two Latvian origin isolates show higher or equivalent efficacy against *Heterobasidion* spore infection compared to Rotsop. An analysis of the development of *P. gigantea* and *Heterobasidion* in the *Pinus contorta* wood of the various provenances concluded that the preparation Rotstop and the isolate PG182 of Latvian origin effectively limit the development of the root and butt rot pathogens mycelium in *P. contorta* wood. More than 600 *P. contorta* plants have been prepared for further studies to analyse resistance to *Heterobasidion* infection.

To investigate the potential of *Trichaptum abietinum* in limiting *Heterobasidion* prevalence, the development of mycelium for 29 isolates was examined and the antagonism of 10 isolates (which showed higher mycelium growth rates) against *Heterobasidion*. *T. abietinum* isolate TR-19 and TR-21 (in a mixture of suspensions with *P. gigantea*) showed antagonism to *Heterobasidion* not only on agar medium but also in Norway spruce wood.

To analyze the sporulation dynamics of *P. gigantea* and *Heterobasidion*, the study includes 20 *P. gigantea* and 18 *Heterobasidion* fruit bodies. Sporulation intensity has been analysed in nine plots in Norway spruce stands. the sporulation gradient of *P. gigantea* has been evaluated at a distance of 0-50 m from fruit bodies. It is concluded that the amount of spores released by *Heterobasidion* during the growing season is two to three times higher than by *P. gigantea*. *P. gigantea* spore infection has been detected up to 50 metres away from fruit bodies. Compared to *Heterobasidion*, *P. gigantea* is far more susceptible to drying out.

IEVADS

Ievērojamus mežsaimnieciskos zaudējumus saimnieciskajos mežos izraisa sakņu piepe *Heterobasidion* spp. Patogēnās sēnes izplatību veicina mežizstrāde veģetācijas perioda laikā. *Heterobasidion* izraisītā sakņu trupe ir konstatēta arī egļu audzēs ar kūdras augsnēm. Papildus apdraudējums skuju koku audzēs saistīts arī celmenes *Armillaria* spp. infekciju. Sakņu piepes primāro infekciju ar sporām efektīvi ierobežo celmu apstrāde ar bioloģiskajiem preparātiem, bet sekundāro infekciju sakņu kontaktu vietās iespējams būtiski samazināt, veicot celmu izstrādi.

Mūsu darba mērķis ir:

- 1) papildināt līdz šim esošās zināšanas par sakņu trupi izraisošo sēņu sastopamību egļu un priežu audzēs un sniegt informāciju, lai izstrādātu rekomendācijas trupes izplatības ierobežošanai, kā arī samazināt patogēno sēņu izraisītos mežsaimnieciskos zaudējumus;
- 2) izstrādāt bioloģisko preparātu - alternatīvu līdz šim Latvijas mežsaimniecības praksē pielietotajam Somijā ražotajam preparātam "Rotstop";
- 3) novērtēt vietējiem apstākļiem piemērotu perspektīvu introducēto koku sugu uzņēmību pret patogēno sēņu infekciju;
- 4) sniegt padziļinātas zināšanas par kokaugu rezistences mehānismiem, bioloģisko un ķīmisko aizsardzības līdzekļu pielietojumu; izstrādāt rekomendācijas sakņu piepes izraisīto zaudējumu samazināšanai.

Virszdevumā "Sakņu trupes izplatība skuju koku audzēs" 2023. gadā ietverti astoņi darba uzdevumi.

1. Novērtēt sakņu piepes sastopamību vidēja vecuma priežu audzēs.
2. Novērtēt sakņu piepes attīstības dinamiku priežu jaunaudzēs.
3. Analizēt *Armillaria* spp. sugu sastopamību egļu audzēs mežos ar kūdras un minerālaugsnēm.
4. Novērtēt augsnes apstrādes ietekmi uz trupi izraisošo sēņu sastopamību, tajā apskatot divus augsnes gatavošanas veidus, – pacilas, joslas.
5. Analizēt sekundārās *Heterobasidion* infekcijas (sakņu kontaktu ceļā) izplatības ierobežošanas iespējas, noskaidrot *Heterobasidion* micēlija saglabāšanos inficētos egles koksnes sakņu fragmentos, kā arī stādu inficēšanos no trupējušiem sakņu fragmentiem.
6. Ikgadējs stādu attīstības monitorings piecu celmu izstrādes parauglaukumos.
7. Analizēt dažāda augstuma mazo dimensiju celmu ietekmi uz trupes izplatību sastāva kopšanas cirtēs.
8. Novērtēt sēņu un bezmugurkaulnieku daudzveidību trupējušā koksne.

Virszdevumā "Alternatīva celmu apstrādes preparāta izstrāde līdz šim pielietotajam "Rotstop", tā efektivitātes novērtējums" ietverti trīs darba uzdevumi.

1. Veikt Somijā ražotā preparāta "Rotstop" efektivitātes monitoringu un vietējo *P. gigantea* izolātu pārbaudi.
2. Novērtēt citu celmus kolonizējošo sēņu izmantošanas potenciālu bioloģisko preparātu efektivitātes uzlabošanā, lai ierobežotu sakņu piepes infekciju.
3. Izstrādāt alternatīvu preparātu Somijā ražotajam līdzeklim "Rotstop".

Virszdevumā “Sakņu trupi izraisīšo sēņu populāciju struktūra un dinamika ilgtspējīgas mežsaimniecības praksē perspektīvo introducēto koku sugu mežaudzēs” ietverti trīs darba uzdevumi.

1. Apkopot informāciju par Latvijā perspektīvāko introducēto koku sugu (*Pinus contorta*, *Larix* spp.) rezistenci pret sakņu piepes un celmenes bojājumiem.
2. Noskaidrot sakņu trupes izplatīšanās ātrumu perspektīvākajām introducēto koku sugām, to vērtējot no ilgtspējīgas mežsaimniecības aspekta.
3. Novērtēt perspektīvāko introducēto koku sugu rezistenci pret sakņu trupi.

Virszdevumā “Rekomendācijas sakņu piepes izraisīto zaudējumu samazināšanai” ietverti trīs darba uzdevumi.

1. Noskaidrot *P. gigantea* attīstību trupējušā priedes koksnē.
2. Veikt *P. gigantea* augļķermeņu attīstību ietekmējošo faktoru izvērtēšanu un sporu izdalīšanās potenciāla novērtēšanu.
3. Eksperimentālajos stādījumos izdalīt rezistentāko priežu provenienču/ ģimeņu ģenētisko materiālu priežu audzēs.

1. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBA SKUJU KOKU AUDZĒS

1.1. Sakņu piepes sastopamība vidēja vecuma priežu audzēs

Pavisam 2021. gadā randomizēti atlasītas 100 vidēja vecuma audzes, izmantojot programmu ArcMap 10.1 (ArcGIS 10.1.). Kā kritēriji noteikti: audzes vecums (40-60 gadi), sastāvs (10 P), pēdējā kopšana (kopš tās pagājuši vismaz divi gadi), meža tips (izvēlētas audzes sausienos), platība (0,5-3 ha). Visām audzēm noteiktas to koordinātas un analizētas apsekošanas iespējas – 2021. gadā no atlasītām audzēm apsekota 51 vidēja vecuma audze, bet 2022. gadā vēl 29 audzes.

Visās apsekotajās audzēs sakņu piepes sastopamība noteikta gan pēc sakņu piepes infekcijai raksturīgajiem vizuālajiem simptomiem, kādi izmantoti iepriekš veiktos LVMI Silava pētījumos (vainaga stāvoklis, sēnes auglķermeņu sastopamība) (Zaļuma et al., 2019), gan pēc konīdijsporu stadijas koksnes paraugos (Woodward et al., 1998). Plašāk audžu apsekošanas un paraugu analīzes metodika aprakstīta pētījuma 1. etapa pārskatā.

2023. gadā apsekotas 26 vidēja vecuma priežu audzes (1. pielikums), un kalnu koki konstatēti 20 audzēs (1.1.1. attēls). Tajās ar Preslera svārpstu paņemti koksnes paraugi no 166 kalnu kokiem. *Heterobasidion* infekcija konstatēta septiņās audzēs – piecās audzēs pēc *Heterobasidion* auglķermeņiem, kas kopumā atrasti uz 15 kokiem, un trīs audzēs, izdalot patogēna micēliju no ievāktajiem koksnes paraugiem. Iegūtie *Heterobasidion* micēlija paraugi nodoti LVMI Silava Ģenētisko resursu centram sugu noteikšanai ar molekulārām metodēm. Molekulāri apstiprināts, ka visās audzēs infekciju izraisījusi priežu sakņu piepe (*Heterobasidion annosum*).

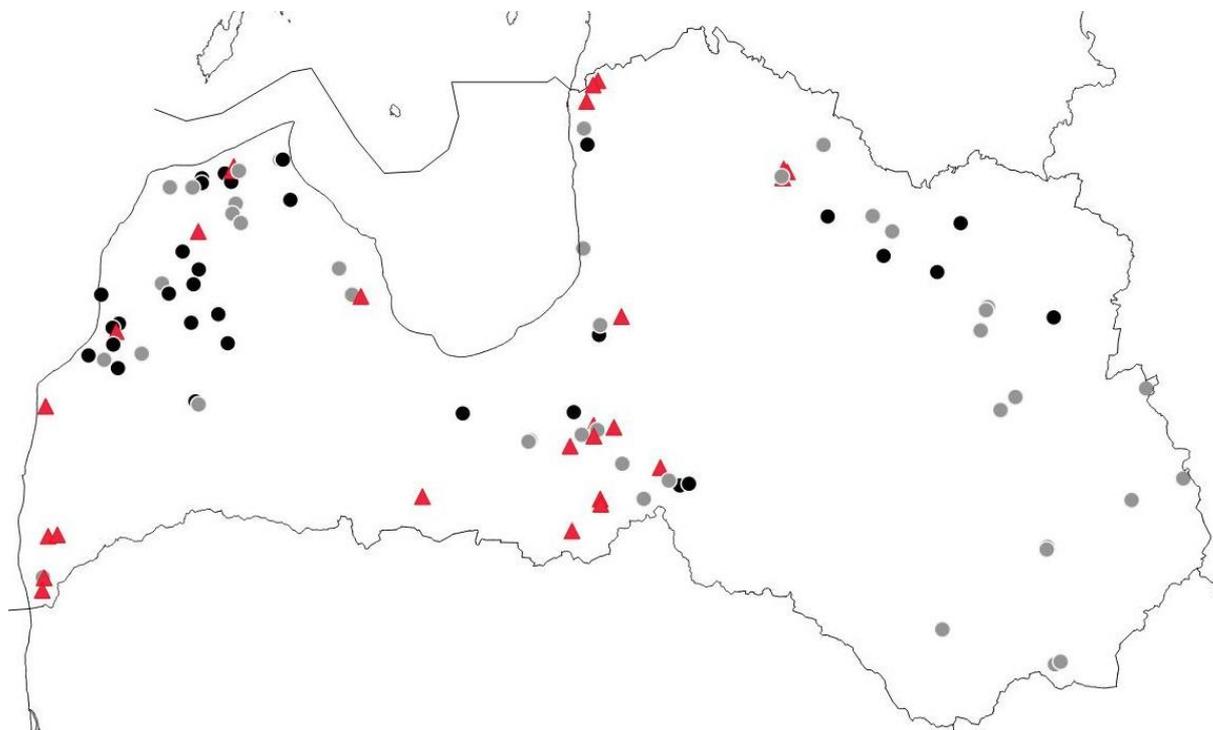


1.1.1. att. 2023. gadā apsekotās *P. sylvestris* vidēja vecuma audzes.

Pelēks aplis – audzē kalnu koki nav konstatēti; melns aplis – audzē konstatēti kalnu koki, simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi; sarkans trīsstūris – konstatēti simptomātiski koki, izdalīts *Heterobasidion* spp.

Audzē Puzes pagastā (audzes atslēga 705-48-5) konstatētas divas *Heterobasidion* trupes ligzdas jeb infekcijas centri. Apsekojot kokus divās transektēs, uzskaitīti 19 kalnu koki – uz deviņiem atrasti arī *Heterobasidion* auglķermeņi. No viena šajā audzē ievāktā koksnes parauga izdevies iegūt *Heterobasidion* micēliju, kas identificēts kā *H. annosum*.

Kopumā apsektas 103 vidēja vecuma priežu audzes (2021. gadā – 50, 2022. gadā – 27, 2023. gadā – 26 audzes). Kaltuši koki konstatēti 32 audzēs (31% no apsekotajām audzēm) un 26 audzēs (25%) ir konstatēta *Heterobasidion* infekcija (1.1.2. attēls).



1.1.2. att. 2021., 2022. un 2023. gadā apsektās *P. sylvestris* vidēja vecuma audzes. Pelēks aplis – audzē kaltuši koki nav konstatēti; melns aplis – audzē konstatēti kaltuši, simptomātiski koki, paņēmti koksnes paraugi; sarkans trīsstūris – konstatēti simptomātiski koki, izdalīts *Heterobasidion* spp.

1.2. Sakņu piepes attīstības dinamikas novērtējums priežu jaunaudzēs

Lai analizētu sakņu piepes attīstības dinamiku priežu jaunaudzēs, 2023. gadā apsekti četri parauglaukumi:

- 1) LVM Vidusdaugavas reģions, Vecumnieku iecirknis (pirmo reizi apsektos 2013. gadā; 508 kv. apg., 292. kv., 7. nog., 0,8 ha, 10P, Ln). Audzes identifikācijas Nr. 508-292-7;
- 2) Kuldīgas novads, Rumbas pag., 1. kv. 4. nog., saimniecība “Dzērves” (Z. pl. 57.0652421, A. g. 21.9561080, 0,5 ha, 9P 1B, Dm). Audzes identifikācijas Nr. Dzērves. Pirmā kopšana priežu audzē veikta 2012. gadā;
- 3) LVM Dienvidlatgales reģions, Ābeļu iecirknis (pirmo reizi apsektos 2017. gadā) (302 kv. apg., 33. kv., 25. nog., 2,08 ha, 10P, Ln), audzes identifikācijas Nr. 302-33-25;
- 4) LVM Ziemeļkurzemes reģions, Mētru iecirknis (pirmo reizi apsektos 2017. gadā; 704 kv. apg., 140. kv., 37. nog., 0,89 ha, 10P, Mr), audzes identifikācijas Nr. 704-140-37.

Audzēs 302-33-25; 704-140-37 un Kuldīga “Dzērves” veikta kopšana.

Konstatēti 76 jauni kaltušie koki ap iepriekšējos pētījumos kartētām sakņu trupes ligzdām, divi līdz 66 koki audzē (1.2. tabula). No tiem paņēmti koksnes paraugi, un laboratorijā iegūts *Heterobasidion* micēlijs. Iegūtās sakņu piepes tīrkultūras salīdzinātas ar iepriekš audzē izdalītajām *Heterobasidion* kultūrām.

1.2. tabula. Informācija par apsekotajām priežu jaunaudzēm

Audzes identifikācijas Nr.	Trupes ligzdas	Kaltušo koku skaits	Koku skaits, kam konstatēta <i>Heterobasidion</i> infekcija
302-33-25	2	4	2
704-140-37	3	2	0
Kuldīga “Dzērves”	3	4	3
508-292-7	11	66	47

1.3. *Armillaria* spp. sugu sastopamība egļu audzēs ar kūdras un minerālaugsnēm

Sēņu nozīme mežu ekosistēmās ir ļoti būtiska, tomēr tās var radīt arī mežsaimnieciskos zaudējumus, inficējot un noārdot dzīvu koku koksni (Gaitnieks et al., 2019). Latvijā trupējuši ir aptuveni 22% *Picea* spp. ģints pārstāvji, kas rada ievērojamus mežsaimnieciskos un ekonomiskos zaudējumus, galvenajā cirtē sastādot aptuveni 1000 eur/h (Gaitnieks et al., 2008; Arhipova et al., 2011). Sakņu trupe ir izplatīta *P. abies* slimība, kuru galvenokārt izraisa *Heterobasidion* spp. (vidēji 80% gadījumu) un *Armillaria* spp. (vidēji 10% gadījumu) (Korhonen & Piri, 2003).

Armillaria spp. var izraisīt kokaugu stumbru un sakņu trupi un tādējādi radīt zaudējumus mērenās un boreālās joslas mežaudzēs (Baumgartner et al., 2011; Shaw & Kile, 1991). Latvijā *Armillaria* spp. sastopamība analizēta tikai atsevišķos pētījumos (Lukstiņa, 2017; Buša, 2020; Smeltere, 2022), tāpēc ir svarīgi noskaidrot *Armillaria* spp. sastopamību *P. abies* audzēs kūdreņos un noteikt sugu sastāvu, lai novērtētu *P. abies* audžu stāvokli, potenciālos apdraudējumus un izstrādātu rekomendācijas *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. izraisītās trupes ierobežošanai.

1.3.1. Materiāli un metodes

Ilgtermiņa pētījuma objektu raksturojums

Parauglaukumu izvēle veikta, balstoties uz audžu vecumu 41–58 gadi. Četri parauglaukumi ir *P. abies* tīraudzēs un trīs audzēs ir 10–20% bērza *Betula* spp. piemistrojums. Audžu platība ir 0,5–3,9 ha; meža tips platlapju kūdrenis (četras audzes) un šaurlapju kūdrenis (trīs audzes). Četrās audzēs kūdras slāņa biezums ir lielāks par 70 cm, trīs audzēs tas ir robežās no 24 līdz 47 cm, augsnes pH audzēs ir 3,0–6,0. Visās audzēs, izņemot PL parauglaukumu, iepriekš novērtēta *Heterobasidion* spp. sastopamība un analizētajos infekcijas centros ar *Heterobasidion* spp. inficēto koku un celmu īpatsvars ir 11–69%. Informācija par parauglaukumiem apkopota 1.3.1. tabulā.

1.3.1. tabula. Pētījumā iekļauto audžu raksturojums.

Parauglaukums	Koordinātas	Audzestastāvs	Meža tips	Audzestvecums 2023. gadā	Audzestplatība, ha	Kūdras slāņa biezums, cm	Augsnes pH	<i>Heterobasidion</i> īpatsvars, %
PL	56.702557; 25.865390	E10	Ks	58	0,73	>70	3,0	—*
T	56.689095; 25.901679	8E2B	Kp	56	0,5	>70	4,2	11
K1	56.672479; 25.891165	9E1B	Ks	52	3,9	27...>70	4,6	69
K2	56.673705; 25.893788	10E	Kp	57	1,6	>70	5,3	45
P	56.691478; 25.825312	10E	Ks	41	1,2	39	4,9	19
O	56.847878; 24.805890	9E1B	Kp	51	2,0	24	5,7	44
S	57.339820; 26.03.0071	10E	Kp	54	0,6	47	6,0	24

*audzē konstatēti ļoti daudz kalnuši, ar *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. inficēti koki (1.3.1. attēls).



1.3.1. att. Kalnušas egles PL parauglaukumā.

2023. gada maija pēdējā nedēļā sešos parauglaukumos (PL parauglaukumā jūnija sākumā) ieraktas akas gruntsūdeņu līmeņa mērījumiem (1.3.2. attēls). Katra mēneša pirmajā nedēļā veikti gruntsūdens līmeņa mērījumi un ar Eutech PC 450 *multi-parameter meter kit* (Göteborg, Sweden) noteikts ūdens pH. Katrā parauglaukumā ievākti gruntsūdeņu paraugi fizikāli-ķīmisko analīžu veikšanai. Ievākti augšnes paraugi, lai tiem noteiktu botānisko un mikrobioloģisko sastāvu, kūdras sadalīšanās pakāpi, granulometrisko sastāvu, kā arī veiktu fizikāli-ķīmiskās analīzes un novērtētu mikrobioma sastāvu.



1.3.2. att. Aka gruntsūdens līmeņa mērījumiem S parauglaukumā (atzīmēta ar bultu).

Rizomorfu veidošanās potenciāla noteikšana

2022. gada jūlijā katrā parauglaukumā no transekta, kas ietver infekcijas centros izdalītos *Heterobasidion* spp. genotipus (ģenētiski atšķirīgs *Heterobasidion* spp. micēlijs) un audzes daļu ārpus genotipiem, ar speciāli izgatavotu augsnes cilindru ($d = 10$ cm, $h = 30$ cm) (1.3.3. attēls) ievākti 15 augsnes paraugi ik pēc viena metra. No šiem paraugiem 2022. gadā tika iegūti dati par rizomorfu daudzumu katrā konkrētajā bedrītē eksperimenta sākumā. Augsnes paraugu ievākšanas procesā izveidotās bedrītes tika papildītas ar bērza koksnes skaidu substrātu (relatīvais mitrums 40–50%, skaidas iegūtas AS Latvijas Finieris) (1.3.4. attēls). Šis eksperiments ierīkots, lai noskaidrotu rizomorfu veidošanās potenciālu viena gada laikā. Izmantotā metode iepriekš aprobēta rizomorfu veidošanās potenciāla noteikšanai (Smeltere, 2022), modificējot metodiku, kas paredzēta mikorizu veidošanās potenciāla novērtēšanai (Jaatinen et al., 2007).



1.3.3. att. Augsnes paraugu ievākšana ar speciāli izgatavotu cilindru.



1.3.4. att. Augsnes bedrīte piepildīta ar bērza skaidām, 2022. gada jūlijs.

2023. gada jūlijā skaidu paraugi ievākti ar augsnes cilindru (1.3.5. attēls). Gada laikā daļā bedrīšu skaidas bija dabiski sablīvējušās, tāpēc skaidu slāņa biezums pēc to izcelšanas no augsnes bija 19-29 cm. Paraugi, kuru augstums bija vairāk nekā 25 cm, tika dalīti trīs vienādās daļās, bet paraugi, kuri bija vairāk sablīvējušies, tika dalīti uz pusēm (1.3.2. tabula). Katra parauga daļa tika ievietota ar parauglaukuma nosaukumu, parauga un tā daļas numuru marķētā plastmasas maisiņā un nogādāta LVMI Silava tālākai apstrādei. Paraugu dalīšana tika veikta, lai būtu iespējams salīdzināt rizomorfu daudzumu substrātā dažādos dziļumos – virskārtā līdz 10–12 cm dziļumam, 10 līdz 20 cm dziļumā un paraugos, kuri bija mazāk sablīvējušies, dziļākajā slānī no ~20 līdz 30 cm dziļumam. Atsevišķos gadījumos bija problemātiski sadalīt paraugu precīzi 10 cm intervālos, tāpēc paraugi tika dalīti šādā veidā.



1.3.5. att. Rizomorfu ievākšana ar augsnes cilindru.

1.3.2. tabula. Ievākto skaidu paraugu raksturojums pēc to sablīvējuma.

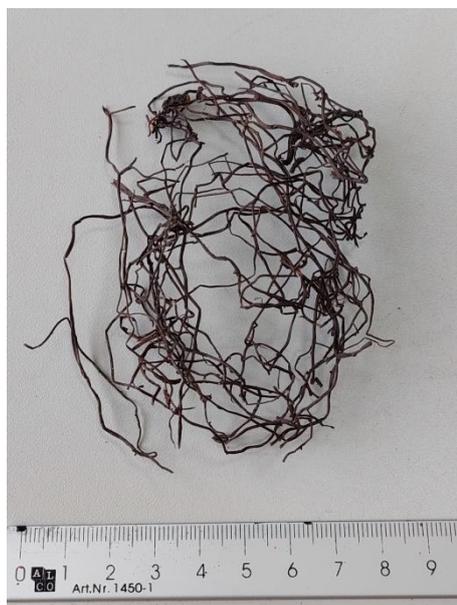
Parauglaukums	Skaidu sablīvējums	
	10 – 20 cm*	10 – 30 cm**
PL	15 (100 %)	0
T	5 (33,3 %)	10 (66,7 %)
K1	12 (80 %)	3 (20 %)
K2	11 (73,3 %)	4 (26,7 %)
P	12 (80,0 %)	3 (20 %)
O	11 (73,3 %)	4 (26,7 %)
S	11 (73,3 %)	4 (26,7 %)

*Analizēti divi paraugi

** Analizēti trīs paraugi

LVMI Silava Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijā skaidu paraugos rizomorfas atdalītas no skaidām un augu saknēm (1.3.6. attēls). Gan skaidu paraugu maisiņi, gan izšķīrotās rizomorfas ar parauga nosaukumu marķētos maisiņos līdz tālākai apstrādei uzglabātas ledusskapī, lai novērstu rizomorfu augšanu.

Atlasītajām rizomorfām veikta otrreizēja pārbaude, izmantojot stereomikroskopu (15 – 25×) un attīrot paraugu no rizomorfām līdzīgiem sakņu fragmentiem. Tāpat kā augsnes paraugos iegūtajām rizomorfām, skaidu paraugos izlasīto rizomorfu morfoloģiskie parametri iegūti, ieskenējot rizomorfas ar skeneri Epson Perfection V750Pro (Epson, Tokyo, Japan) un iegūtos attēlus apstrādājot programmā WinRHIZO 2005 C (Regent Instruments Inc., Canada).



1.3.6. att. Attīrīts rizomorfu paraugs.

Armillaria spp. sugu sastopamība kūdras un minerālaugsnēs

Sešos ilgtermiņa parauglaukumos (T, K1, K2, P, O, S parauglaukumos) egļu audzēs ar kūdras augsnēm, kā arī Vidusdaugavas (VD) reģiona Ogres meža iecirknī, Meža pētīšanas stacijas (MPS) Kalsnavas mežu novadā, SIA “Rīgas meži” Tīreļu mežsaimniecības teritorijā egļu audzēs ar minerālaugsnēm no stāvošu, kaltsu egļu stumbriem un celmiem tika ievāktas *Armillaria* spp. rizomorfas sugu noteikšanai. Ilgtermiņa parauglaukumos ievākts 31 rizomorfu paraugs (četri līdz seši paraugi sešos parauglaukumos) savukārt audzēs ar minerālaugsnēm tika

ievākti 39 rizomorfu paraugi (1.3.7. attēls). Katram rizomorfu paraugam atzīmēts, vai uz substrāta bija arī *Heterobasidion* spp. augļķermenis. No katra koka/celma ievāktās rizomorfas veido vienu paraugu.



A



B

1.3.7. att. *Armillaria* spp. rizomorfas. A – trupējis egles celms; B – lielu dimensiju mežizstrādes atlieka (atliekas vecums vairāk nekā 10 gadi); blakus *Armillaria* rizomorfām konstatēti *Heterobasidion* augļķermeņi (norāde ar bultu)

LVMI Silava Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijā rizomorfas sagrieztas aptuveni puscentimetru garos fragmentos un ievietotas ar parauga numuru marķētos divu mililitru Ependorfa stobriņos. LVMI Silava Ģenētisko resursu centrā veikta DNS izdalīšana un sugu noteikšana, lai pēc tam parauglaukumos būtu iespējams salīdzināt *Armillaria* spp. sugu sastopamības atšķirības gan augsnē un koksnē, gan starp audzēm ar kūdras un minerālaugsnēm. Papildus tika pārbaudīts micēlijs no diviem skaidu paraugiem, lai noteiktu, vai tas pieder *Armillaria* spp.

1.3.2. Rezultāti

Armillaria spp. rizomorfu veidošanās potenciāls

Lai novērtētu *Armillaria* spp. rizomorfu veidošanās potenciālu gada laikā, septiņos ilgtermiņa parauglaukumos ievākti 105 skaidu paraugi. Pēc paraugu sadalīšanas pa dziļumiem tika iegūtas 238 paraugu daļas, no kurām rizomorfas tika atrastas 178 (74,8%) daļās. No kopējiem skaidu paraugiem rizomorfas tika atrastas 93 (88,6%) paraugos (1.3.3. tabula). Lielākais rizomorfu paraugu skaits bija S parauglaukumā, kur tās atrastas visos skaidu paraugos. Vismazākais rizomorfu paraugu skaits ir T parauglaukumā, kur tās atrastas 12 skaidu paraugos. 14 rizomorfu paraugi iegūti K1 parauglaukumā, 13 rizomorfu paraugi – K2, P, PL un O parauglaukumos.

1.3.3. tabula. Augsnes paraugu skaits ar/bez rizomorfām analizētajos parauglaukumos.

Parauglaukums	Augsnes/skaidu paraugu skaits ar rizomorfām (%)		Augsnes/skaidu paraugu skaits, kuros rizomorfas netika atrastas (%)	
	2022	2023	2022	2023
T	6 (40%)	12 (80%)	9 (60%)	3 (20%)

K1	15 (100%)	14 (93,3%)	0 (0%)	1 (6,7%)
K2	6 (40%)	13 (86,7%)	9 (60%)	2 (13,3%)
P	12 (80%)	13 (86,7%)	3 (20%)	2 (13,3%)
PL	-	13 (86,7%)	-	2 (13,3%)
O	10 (67%)	13 (86,7%)	5 (33%)	2 (13,3%)
S	11 (73%)	15 (100%)	4 (27%)	0
Kopā	60	93	30	12

Programma WinRHIZO 2005 C sniedz iespēju ievāktos rizomorfu paraugus novērtēt pēc to morfoloģiskajiem parametriem. Vidējās parametru vērtības katrā parauglaukumā apkopotas 1.3.4. tabulā. Visu ievāktu rizomorfu vidējais garums ir $542,50 \pm 81,04$ cm (\pm standartnovirze). Vidējais rizomorfu tilpums starp visiem paraugiem ir $0,93 \pm 0,17$ cm³. Visaugstākās rizomorfu raksturojošo parametru vidējās vērtības konstatētas K1 parauglaukumā.

1.3.4. tabula. Rizomorfu morfoloģisko parametru vidējās vērtības (\pm standartnovirze) analizētajos parauglaukumos.

Paraug-laukums	Vidējais garums (cm)		Vidējais tilpums (cm ³)	
	2022	2023	2022	2023
T	$19,65 \pm 4,70$	$434,03 \pm 111,27$	$0,07 \pm 0,02$	$0,62 \pm 0,16$
K1	$87,82 \pm 23,41$	$1098,38 \pm 225,48$	$0,43 \pm 0,08$	$2,22 \pm 0,44$
K2	$46,52 \pm 13,81$	$406,68 \pm 105,45$	$0,14 \pm 0,04$	$0,68 \pm 0,17$
P	$23,88 \pm 7,64$	$868,82 \pm 176,76$	$0,11 \pm 0,04$	$1,37 \pm 0,29$
PL	-	$379,40 \pm 107,56$	-	$0,65 \pm 0,21$
O	$31,10 \pm 8,51$	$249,88 \pm 90,35$	$0,16 \pm 0,04$	$0,40 \pm 0,15$
S	$56,99 \pm 8,70$	$360,28 \pm 127,58$	$0,22 \pm 0,06$	$0,58 \pm 0,21$

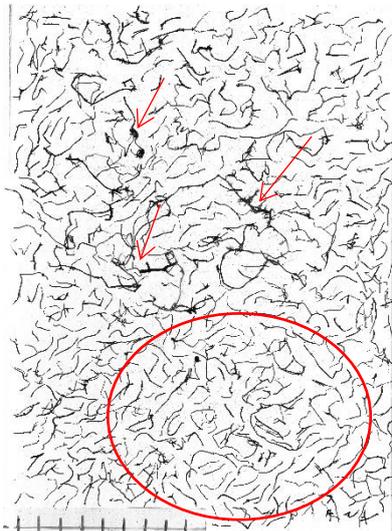
Gan paraugu skaits ar rizomorfām, gan to morfoloģisko parametru rādītāji kopš eksperimenta ierīkošanas ir palielinājušies. Citos pētījumos konstatēta rizomorfu reģenerācija griezuma vietās – rizomorfās izteikti zarojas (Hintikka, 1974). Šajā pētījumā griezumi tika veikti ar cilindru augsnes paraugu ievākšanas laikā. Iespējams, tas pamato rizomorfu daudzuma un paraugu skaita ar rizomorfām pieaugumu. Pirmo reizi ievācot paraugus, horizontāli augošās rizomorfās tika sagrieztas, ap eksperimenta bedrīti atstājot lielu skaitu sagrieztu rizomorfu. Salīdzinot ar rizomorfām, kas ievāktas eksperimenta sākumā (1.3.8. attēls), pēc inkubācijas perioda skaidu substrātā rizomorfās ir smalkākas, īsākos fragmentos, jo jaunu rizomorfu augšana notikusi ne tikai, zarojoties sagrieztajām rizomorfām, bet arī, tām augot no micēlija, kas apaudzis skaidas (1.3.9. attēls). Rizomorfu augšanas ātrums var būt vairāki centimetri mēnesī, ja ir atbilstoši mitruma apstākļi (Hintikka, 1974) un bedrīšu aizpildīšana ar skaidu substrātu nodrošināja šādus apstākļus.



1.3.8. att. Pilns (no augsnes tilpuma 2355 cm³) rizomorfu paraugs no K1 parauglaukuma.



A



B

1.3.9. att. Rizomorfu parauga daļa (no augsnes virskārtas līdz 10 cm dziļumam) no T parauglaukuma.

A – skaidu substrāta parauga daļa.; a – attīrītas rizomorfas Petri traukā.

B – iegūtais attēls pēc parauga daļas rizomorfu skenēšanas; mēroga skalas iedaļa – 1 cm. Redzami īsie rizomorfu fragmenti (apvilkti) un zarotas rizomorfas, kuras paraugā ieaugušas no ārpusē, no sagrieztām rizomorfām (norāde ar bultām).

Bedrīšu papildīšana ar koksnes substrātu nodrošināja optimālus apstākļus rizomorfu augšanai – mitruma līmeni un viegli noārdāmu substrātu. Paraugu ņemšana 2022. gadā un bedrīšu izveidošana modelēja to, kā mežizstrādes laikā ar tehniku var tikt ietekmēta augsnes virskārta un rizomorfas var tikt sarautas, kas tālāk nodrošina to zarošanos un reģenerāciju. Skaidu iepildīšana bedrītēs modelēja nedzīva koksnes substrāta daudzuma palielināšanos (arī dziļāk augsnē – celmi, saknes, zari utt.).

Armillaria spp. sugu sastāvs parauglaukumos

Ģenētiskās analīzes tika veiktas 31 rizomorfu paraugam, kas ievākti ilgtermiņa parauglaukumos no kokiem un celmiem. No tiem bija iespējams izdalīt DNS un noteikt piederību *Armillaria* spp. Visos parauglaukumos iepriekš noteikts *Armillaria* spp. sugu sastāvs augsnes paraugos ievāktajām rizomorfām. Piederība *A. cepistipes* tika apstiprināta 22

paraugiem (88%). Viens (4%) paraugs atbilda *A. borealis* un viens (4%) – *A. tabescens* (1.3.5. tabula).

1.3.5. tabula. Rizomorfu paraugos noteiktās *Armillaria* spp. sugas.

Celmenes suga	Paraugu skaits parauglaukumos (% no visiem)					
	T	K1	K2	P	O	S
<i>A. lutea</i>	0	0	0	0	0	0
<i>A. ostoyae</i>	0	0	0	0	0	0
<i>A. cepistipes</i>	4 (66,7%)	2 (50%)	3 (60%)	4 (80%)	4 (80%)	5 (83,3%)
<i>A. tabescens</i>	0	1 (25%)	0	0	0	0
<i>A. borealis</i>	0	0	0	1 (20%)	0	0
Nav noteikta suga	2 (33,3%)	1 (25%)	2 (40%)	0	1 (20%)	1 (27,7%)

Tā pat, kā iepriekš veiktajās ģenētiskajās analīzēs rizomorfām, kas eksperimenta sākumā ievāktas no augsnes, dominējošā suga bija *A. cepistipes*. Rizomorfās, kas ievāktas no augsnes, *A. borealis* bija vairāk sastopama, nekā no kokiem ievāktajās, savukārt *A. tabescens* iepriekš nebija noteikta. Nepieciešams veikt papildus analīzes, lai noskaidrotu *A. tabescens* sastopamību, jo iepriekš tā nav konstatēta ne šajā, ne citos eksperimentos. *A. cepistipes* tiek raksturota kā vāji patogēna suga, kurai nepiemīt spēja inficēt veselus kokus, un to uzskata par visbiežāk sastopamo sugu Eiropā. *A. borealis* tiek uzskatīta par vidēji patogēnu sugu, kas var inficēt novājinātus kokus (Lygis, 2005). Atšķirībā no 2022. gadā no augsnes ievāktajām rizomorfām, no kokiem ievāktajās rizomorfās vienā paraugā tika konstatēta viena *Armillaria* suga.

Noteiktās sugas rizomorfām, kas ievāktas no kokiem egļu audzēs ar minerālaugsnēm, uzrāda līdzīgus rezultātus. Piederība *Armillaria* spp tika noteikta 36 no 39 paraugiem. Trīs *Armillaria* spp. piederošajiem paraugiem precīzi noteikt sugu neizdevās. 34 paraugi reprezentē *A. cepistipes*, bet divi – *A. borealis*. Divos paraugos – abos, kas satur *A. borealis* – bija abu sugu rizomorfas. Apsēkotajās audzēs netika konstatēta izteikta atšķirības starp sugu sastopamību vai proporciju starp kūdras un minerālaugsnēm.

***Armillaria* spp. sugu sastopamība kūdras un minerālaugsnēs**

Papildus 22 audzēs apsekoti 956 celmi (vidēji audzē 43 celmi). *Armillaria* rizomorfas konstatētas sešās audzēs (27% no apsekotajām audzēm) kopumā uz 11 egļu celmiem (1% no apsekotajiem celmiem) (1.3.6. tabula). Analizētajos rizomorfu paraugos dominēja *Armillaria cepistipes*.

1.3.6. tabula. *Armillaria* sastopamība un sugu sastāvs apsekotajos celmos egļu audzēs.

Npk	Audzē atslēga	Apsēkoto celmu skaits	Celmu skaits ar rizomorfām	Rizomorfas ir / nav	<i>Armillaria</i> suga
1	101-331-5	40		nav	
2	108-491-16	71		nav	
3	208-105-20	21	1	ir	<i>A. cepistipes</i>
4	208-23-1	18		nav	
5	210-400-30	30	4	ir	<i>A. cepistipes</i>
6	302-57-23	61		nav	
7	303-126-26	21		nav	
8	311-338-5	41		nav	

9	311-87-15	34		nav	
10	402-181-17	40	1	ir	<i>A. borealis</i>
11	405-37-15	62		nav	
12	405-93-14	63		nav	
13	410-276-17	76	1	ir	
14	601-443-9	49	1	ir	<i>A. cepestipes</i>
15	603-276-1	20		nav	
16	609-315-27	27		nav	
17	703-171-22	55	3	ir	<i>A. cepestipes</i> (divi celmi), <i>A. borealis</i> (viens celms)
18	802-672-24	26		nav	
19	805-262-7	46		nav	
20	807-155-7	80		nav	
21	812-115-1	35		nav	
22	812-128-25	40		nav	

1.3.3. Secinājumi

1. Rizomorfu bojājumi augsnē veicina rizomorfu attīstību, respektīvi, palielina *Armillaria* spp. izplatības potenciālu.
2. Gan no koksnes, gan no augsnes ievāktajos rizomorfu paraugos dominē *A. cepestipes*.

1.4. Augsnes sagatavošanas veida (pacilas vai vagas) ietekme uz trupi izraisīto sēņu sastopamību

Kopā 2023. gadā atlasītas sešas skuju koku audzes Meža atjaunošanas virziena kolēģu iepriekš ierīkotos eksperimentālajos stādījumos (Dms, As un Ks meža tipos, platība 0,77–2,41 ha), kur augsne pirms priedes un egles stādīšanas sagatavota divos atšķirīgos veidos – pacilās un vagās (1.4. tabula). Objektī izvēlēti, balstoties uz Meža atjaunošanas virziena kolēģu 2022. un 2023. gadā iegūtajiem apsekojumu datiem un kartogrāfiskā materiāla.

1.4. tabula. Pētījuma objekti

Audzes identifikācijas Nr.	Koordinātas		Eksperimenta ierīkošanas gads	Meža tips	Nogabala platība, ha	Suga		Augsnes apstrādes veids		Stādmateriāla veids	
	x	y				P	E	Vagas	Pacilas	Ietvarstādi	Kailsakņi
703-226-14-1	57.54764	22.53765	2017	Dms	1,54	x	x	x	x	x	x
703-226-14-2	57.54601	22.54191	2017	Dms	1,61	x	x	x	x	x	x
610-19-7;7-1	56.72286	23.93925	2017	As	2,41	x	x	x	-	x	x
610-19-9	56.72217	23.94262	2017	As	1,04	x	x	-	x	x	x
604-511-3*	56.81588	24.31969	2018	Ks	1,98	x	x	-	x	x	x
604-174-5	56.77324	24.18023	2018	Ks	0,77	x	x	x	-	x	x

* objektā veikta jaunaudžu kopšana 2023. gada rudenī.

Lai novērtētu trupi izraisošo sēņu sastopamību atkarībā no stādmateriāla raksturojuma – sugas (priede, egles) un ražošanas tehnoloģijas (ietvarstādi; kailsakņi), kā arī augsnes sagatavošanas veida (vagas, pacilas), 2023. gada rudenī veikta stādījumu apsekošana un no kaltušajiem kokiem ievākti koksnes paraugi. Katrā stādījumā apsekojums veikts pa transekti: tās garums pacilās un vagās bija 20 m, savukārt platums attiecīgi 4,0 un 2,5 m.

Kopā apsekotajos objektos konstatēti 12 bojāti koki (astoņas priedes un četras egles) ar iespējamu trupi izraisošo sēņu infekciju (analīzē netika iekļauti dzīvnieku bojāti koki). Attiecīgi pacilās atrasti septiņi bojāti koki (trīs egles un četras priedes), bet vagās – pieci (viena egle un četras priedes). No šiem kokiem ievāktas ripas, lai novērtētu *Heterobasidion* sp. sastopamību (Kenigšvalde et al., 2016). No 12 ievāktajiem koksnes paraugiem *Heterobasidion* sp. konstatēts divos paraugos: viens egles ietvarstāds (stādīts vagā) un viens priedes kailsaknis (stādīts pacilā).

1.5. *Heterobasidion* micēlija saglabāšanās inficētos egles sakņu fragmentos, stādu inficēšanās no trupējušiem sakņu fragmentiem

Lai novērtētu sakņu piepes micēlija saglabāšanos, 2017. gadā tika ierīkots eksperiments, blakus egles un priedes stādiem augsnē iestrādājot dažāda tilpuma (50–300 cm³) ar sakņu piepi inficētus egles sakņu fragmentus. Detalizēta eksperimenta ierīkošanas gaita un iegūtie iepriekšējie rezultāti aprakstīti LVMI Silava pētījuma „Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” noslēguma pārskatā 2020. gadā.

2023. gada jūlijā veikta visu 12 parauglaukumu (seši priedes un seši egles parauglaukumi) apsekošana. Pavisam ievākti 42 stādi un tiem blakus ieraktie sakņu fragmenti – kopā 76 (24 analizēto sakņu paraugu tilpums bija 50 cm³, 17 paraugu tilpums – 100 cm³, 17 paraugu tilpums – 200 cm³ un 18 paraugu tilpums – 300 cm³) (1.5. tabula).

No analizētajiem skuju koku stādiem iespējami tuvu sakņu kaklam tika ievāktas un laboratorijā analizētas trīs 1–2 cm biezas ripas (kopā 126): ripas tika nomizotas, nomazgātas un inkubētas 5–7 dienas istabas temperatūrā. No katra augsnē iestrādātā sakņu fragmenta iegūti vairāki koksnes paraugi, kas tālāk sterilizēti liesmā un ievietoti Petri traukos ar Hagem barotni trīs līdz četros atkārtojumos (kopā 305 Petri trauki). *Heterobasidion* micēlija sastopamību analizētajās ripās novērtēja 7. inkubācijas dienā. Sakņu fragmentus reprezentējošie Petri trauki tika pārbaudīti ik pēc 2–3 dienām, ja tika konstatēts *Heterobasidion* micēlijs, to izdalīja tīrkultūrā.

1.5. tabula. Analizēto skuju koku skaits un trupējušo sakņu fragmentu raksturojums

Paraug- laukums (PL)	Analizēto koku skaits PL pa sugām		Analizēto koku skaits katrā sakņu fragmentu tilpuma grupā (sakņu fragmentu skaits)			
	P	E	50 cm ³	100 cm ³	200 cm ³	300 cm ³
1P	4	0	2 (7)	1 (2)	1 (2)	0
2P	5	0	1 (4)	1 (2)	1 (2)	2 (4)
3E	0	5	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (2)
4E	0	2	0	0	1 (0)	1 (1)
5P	6	0	0	2 (4)	2 (4)	2 (5)
6E	0	3	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0
7E	0	5	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (2)
8P	1	0	0	0	1 (4)	0
9P	3	0	0	1 (3)	0	2 (4)
10P	2	0	2 (8)	0	0	0
11E	0	3	0	2 (2)	1 (1)	0
12E	0	2	2 (2)	0 (1)	0 (1)	0
Kopā	21	20	10 (24)	10 (17)	10 (17)	11 (18)

Heterobasidion sp. netika konstatēts nevienā no analizētajiem skuju kokiem. No analizētajiem 76 sakņu fragmentiem 19 jeb 25% konstatēts *Heterobasidion* sp. micēlijs. Sakņu piepes micēlijs saglabājies astoņu sakņu fragmentos ar tilpumu 300 cm³, piecos – 50 cm³, četros – 100 cm³ un divos ar tilpumu 200 cm³. Iepriekš veiktā pētījumā Somijā secināts, ka *Heterobasidion parviporum* micēlija saglabāšanās ir atkarīga no koksnes paraugu tilpuma (Piri & Hamberg, 2015).

1.6. Stādījumu monitorings celmu izstrādes parauglaukumos

Lai novērtētu celmu izstrādes ietekmi uz sakņu trapes izplatību, 2011.–2012. gadā ierīkoti pieci ilgtermiņa parauglaukumi.

2023. gadā veikta atkārtota visu parauglaukumu apsekošana, novērtējot kaltošos/ bojātos kokus, *Armillaria* spp. rizomorfu sastopamību, kā arī koksnes paraugu ievākšana no kaltošajām eglēm, lai novērtētu sakņu piepes sastopamību. Raksturoti arī pārnadžu un kaitēkļu radītie bojājumi.

Kalšuši vai kalstoši koki konstatēti četrās audzēs (1.6. tabula); divi no tiem celmu izstrādes parauglaukumos, desmit – parauglaukumos, kuros celmu izstrāde nebija veikta. *Heterobasidion* micēlijs izdalīts no pieciem kokiem (1.6. tabula); visi koki reprezentēja parauglaukumus, kuros celmu izstrāde nav veikta. Patogēna suga noteikta ar molekulārajām metodēm kā *Heterobasidion parviporum*. Zviedrijā veiktā pētījumā (Oliva et al., 2010) konstatēts, ka 15 gadu laikā infekcija no celmiem izplatās uz 70–75% blakus augošo koku, tādējādi paredzams, ka kaltošo koku īpatsvars turpmākajos gados turpinās pieaugt.

1.6. tabula. Pētījumu objektu raksturojums.

Audzes apzīmējums	Audzes atslēgas kods	Kaltušo (ar <i>Heterobasidion</i> inficēto) koku skaits celmu izstrādes parauglaukumā	Kaltušo (ar <i>Heterobasidion</i> inficēto) koku skaits parauglaukumā, kur celmu izstrāde nav veikta
Rembate	501-360-9	1 (0)	6 (2)
Nītaure	410-58-34	0	2 (2)
Stende	714-188-9	1 (0)	0
Jaunpils	603-326-7	0	2 (1)
Dursupe	712-437-8	0	0

1.7. Dažāda augstuma mazo dimensiju celmu ietekme uz trupes izplatību sastāva kopšanas cirtēs

Kopā ar LVM darbinieku Monvīdu Strautiņu (VD reģions, Vecumnieku iecirknis) izvēlēti divi priežu parauglaukumi, un eksperiments ierīkots 2022. gada oktobrī 508. kvartālapgabala 266. kvartāla 6. nogabalā (platība 4,61 ha, meža tips – lāns, audzes vecums – 21 gads).

Katrā parauglaukumā nozāģēti 75 augstie (H=50 cm) un 75 zemie (H=15 cm) celmi. 25 celmi no katras grupas apsmidzināti ar “Rotstop”, 25 – ar vietējo lielās pergamentsēnes izolātu (PG 382) un 25 atstāti bez apstrādes. Lai novērtētu *Heterobasidion* sporu fonu eksperimentālajā platībā, katrā parauglaukumā izliktas 15 priežu ripas. Ripu analīze apstiprināja 100% *Heterobasidion* sporu infekciju visās eksponētajās ripās.

2023. gada martā no 40 neapstrādātajiem celmiem (katrā parauglaukumā no 10 augstajiem un 10 zemajiem celmiem) ievākti koksnes paraugi – no katra celma divas ripas (kopā 80 ripas). 2023. gada novembrī no 30 celmiem katrā audzē ievāktas divas ripas no 10 celmiem no katra apstrādes varianta (kopā 120 ripas).

Ripas laboratorijā nomizotas, nomazgātas, ievietotas polietilēna maisīšos un pēc tam klimata kamerās. Pēc vienas nedēļas, izmantojot binokulāro mikroskopu, katru kvadrācentimetru sistemātiski pārbaudīja, lai novērtētu *Heterobasidion* konīdiju sastopamību. Atrodot konīdijas, attiecīgo kvadrātu atzīmēja ar ūdensizturīgu sarkanās krāsas marķieri. Ripas ievietoja atpakaļ klimata kamerā un vēl pēc nedēļas noteica *P. gigantea* sastopamību pēc brūnganā krāsojuma, kas pēc inkubācijas izveidojās uz koksnes ripām. Uz ripas virsmas ar ūdensizturīgas krāsas marķiera palīdzību atzīmēja *P. gigantea* micēlija aizņemto laukumu. *P. gigantea* un *Heterobasidion* aizņemtos laukumus pārzīmēja uz caurspīdīgas plēves un ar planimetru (PLANIX S10 „Marble”) izmērīja *P. gigantea* aizņemto laukumu. *Heterobasidion* aizņemto laukumu ieguva, saskaitot ar attiecīgu krāsu atzīmēto punktu skaitu un sareizinot ar uzskaites rūtiņas laukumu.

Rezultāti liecina, kas 2023. gada martā *Heterobasidion* infekcija konstatēta trim no 20 analizētajiem zemajiem celmiem un vienam no 20 analizētajiem augstajiem celmiem, savukārt 2023. gada rudens novērtējumā – trim no 30 zemajiem celmiem, savukārt nevienam augstajam celmam. Jāatzīmē, ka 2023. gada rudenī gan kontroles, gan apstrādāto celmu ripās novērots augsts *P. gigantea* micēlija īpatsvars.

1.8. Sēņu un bezmugurkaulnieku daudzveidības novērtējums trupējušā koksne

Lai novērtētu, vai *Heterobasidion* augļķermeņos sastopamie bezmugurkaulnieki var kalpot kā vektors sporu infekcijai, laika posmā no 2023. gada 16. līdz 18. augustam sešās mežaudzēs kopumā tika izvietoti 16 logu tipa slazdi (2. pielikums). No tiem deviņi izvietoti ne tālāk kā 1 m no aktīvi sporulējošiem *Heterobasidion* augļķermeņiem (1.8.1. un 1.8.2. attēls): četri izvietoti pie izgāztu egļu stumbriem, četri pie izgāztu egļu saknēm un viens slazds teritorijā ar vairākām izgāztām eglēm. Seši logu slazdi izvietoti audzēs, kur vismaz 50 m attālumā nav konstatēti aktīvi sporulējoši *Heterobasidion* augļķermeņi, pieņemot, ka šajās teritorijās sporu fons ir neliels vai nav nemaz. Logu slazdi veidoti no caurspīdīgas strukturētā polistirola plāksnes 50 x 41 cm, kas savienota ar kasti 49 x 18 x 15 cm, kurā ieliets fiksācijas šķīdums. Slazdi lauka apstākļos tika eksponēti vienu mēnesi, veicot noķerto bezmugurkaulnieku ievākšanu reizi divās nedēļās.



1.8.1. att. Logu slazds, kas izvietots pie izgāztas egles saknēm ar aktīvi sporulējošiem *Heterobasidion* augļķermeņiem.



1.8.2. att. Logu slazds, kas izvietots pie izgāztas egles stumbra ar aktīvi sporulejošiem *Heterobasidion* augļķermeņiem.

1.8. tabula. Informācija par slazdu izvietojumu un veidu

Nr. p.k.	Reģions	Audzes identifikācijas Nr.	Koordinātas (LKS92)		Augļķermeņu lokalizācija/kontrole*
			X	Y	
1.	VD Ogre	501-162-13	301669	546290	Stumbrs
2.	VD Ogre	501-167-8	301173	548937	Saknes
3.	VD Ogre	501-167-8	301174	548950	Stumbrs
4.	VD Ogre	501-167-8	301173	548900	Kontrole
5.	VD Ogre	501-167-8	301063	548931	Stumbrs
6.	VD Ogre	501-178-5	300743	549122	Saknes
7.	VD Ogre	501-177-5	300723	548910	Saknes
8.	VD Ogre	501-177-5	300606	548938	Kontrole
9.	VD Ogre	501-178-5	301027	548848	Izgāzti koki
10.	VD Ogre	501-178-5	300607	549028	Kontrole
11.	VD Ogre	501-167-2	301482	548768	Kontrole
12.	MPS Kalsnava	139-15	284974	616603	Stumbrs
13.	MPS Kalsnava	139-15	284997	616638	Saknes
14.	MPS Kalsnava	139-13	285007	616791	Kontrole
15.	MPS Kalsnava	139-13	284989	616856	Kontrole
16.	VD Ogre	501-162-13	301712	546263	Sakņu kakls

**Heterobasidion* augļķermeņi konstatēti aptuveni 50 m attālumā.

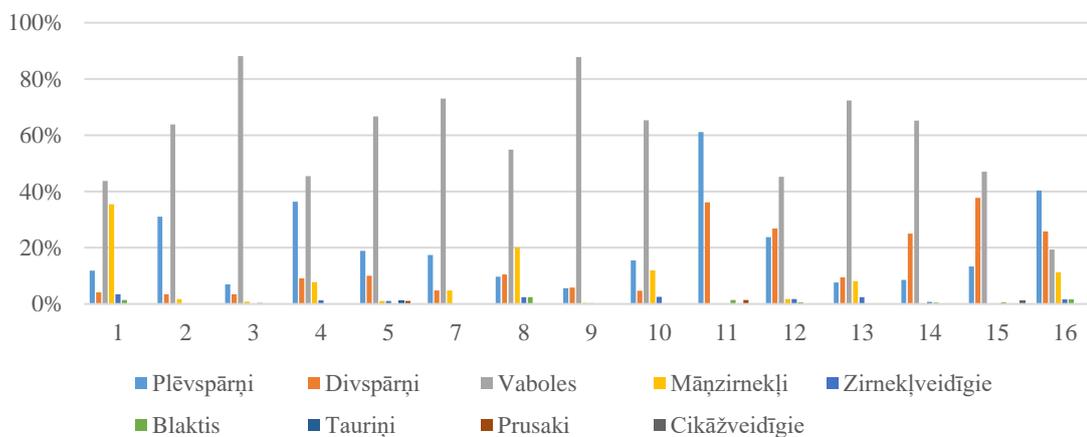
Slazdi mēneša laikā tika apsekoti divas reizes 3. un 18. septembrī (informācija par slazdu izvietojumu un veidu apkopota 1.8. tabulā), un ievākti šķīdumā fiksētie bezmugurkaulnieki.

Pirmajā apsekošanas reizē tika konstatēts, ka 6. slazds ir izpostīts (1.8.3. attēls) un paņemti metāla mietiņi. Šis slazds atradās 2 metrus no meža ceļa/stigas. Tika pieņemts lēmums slazdu pārvietot uz mazāk pieejamu vietu, kur jau iepriekš uz izgāztas egles sakņu kakla tika konstatēti lieli *Heterobasidion* augļķermeņi.



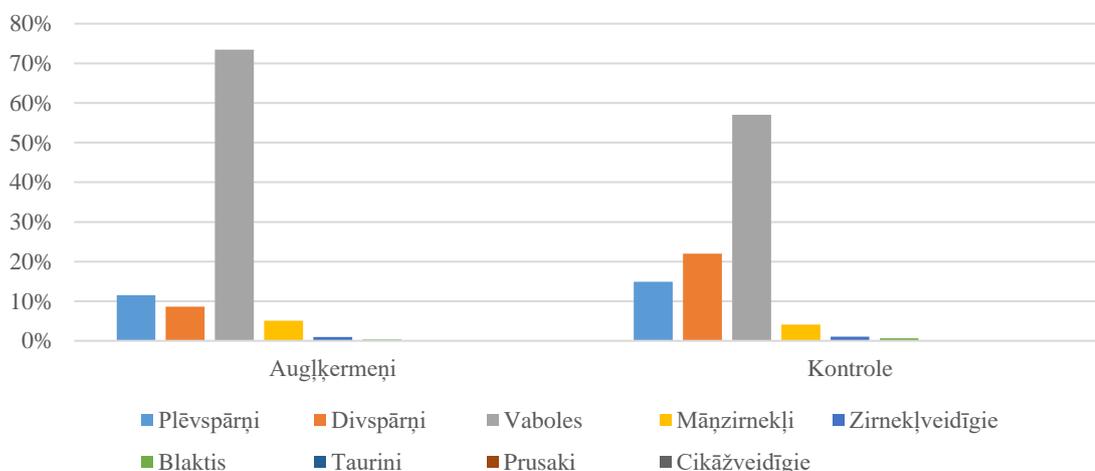
1.8.3. att. 6. logu slazds pirmajā apsekojuma reizē.

Līdz šim līdz dzimtas vai sugas līmenim noteikti vairāk nekā 3000 indivīdu, pārējais materiāls vēl tiek analizēts. Secināts, ka vaboles (*Coleoptera*) bija dominējošā bezmugurkaulnieku grupa 66.5%, tai sekoja divspārņi (*Diptera*) 14,4% un plēvspārņi (*Hymenoptera*) 12,9% (1.8.4. attēls). Slazdos tika konstatēti arī māņzirnekļi (*Opiliones*) 4,7%, zirnekļveidīgie (*Arachnida*) 1%, blaktis (*Hemiptera*) 0,4%, un pa vienam vai diviem indivīdiem, kas pieder pie tauriņiem (*Lepidoptera*), prusakiem (*Blattodea*) un cikāžveidīgajiem (*Cicadomorpha*). Tomēr šīs grupas nav uzskatāmas kā tieši saistītas ar sēņu augļķermeņiem.



1.8.4. att. Slazdos ievāktu bezmugurkaulnieku daudzums (%) pa kārtām 16 parauglaukumos.

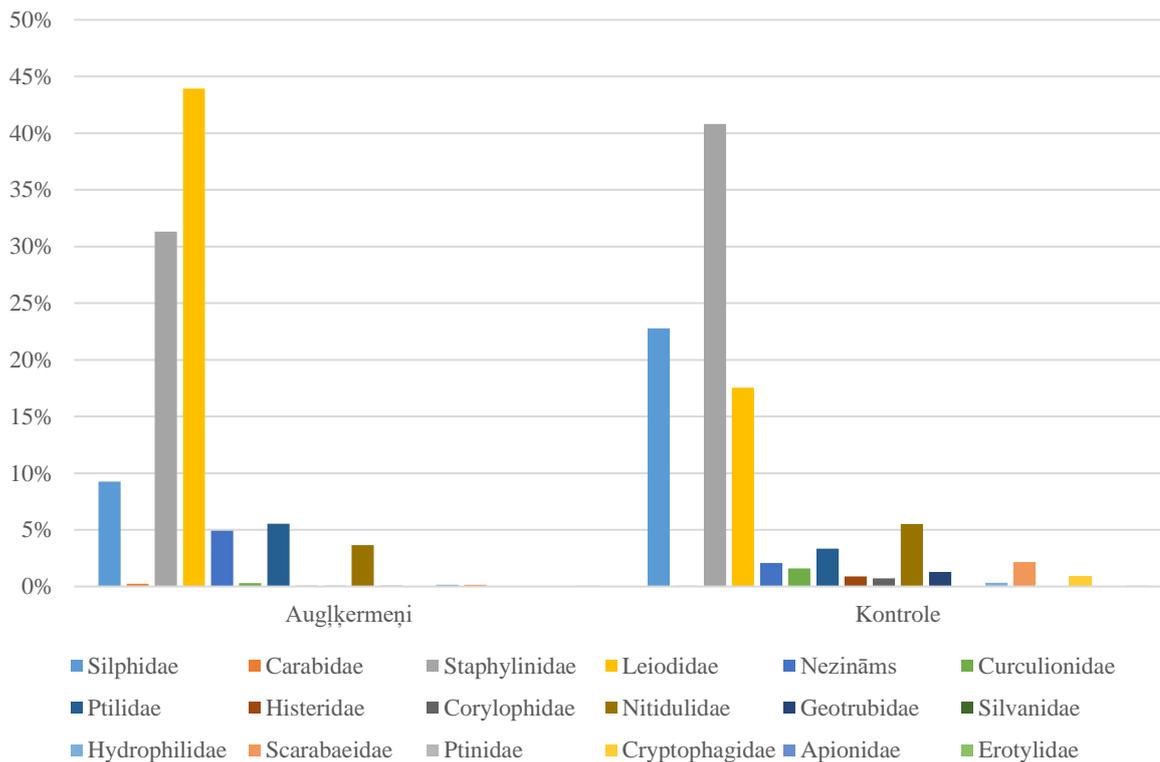
Salīdzinot iegūtos datus starp slazdiem, kas tika izvietoti pie *Heterobasidion* augļķermeņiem (sporu fons liels) un kontroles slazdi (sporu fons neliels), var secināt, ka abos dominē vaboles, tomēr divspārņu un plēvspārņu daudzums ir lielāks kontroles slazdos (1.8.5. attēls).



1.8.5. att. Ievākto bezmugurkaulnieku daudzums (%) pa kārtām slazdos, kas izvietoti pie *Heterobasidion* augļķermeņiem un kontroles slazdos.

Vaboles ir ļoti mobili kukaiņi, un tās spēj izplatīties pat vairāk nekā 12 kilometru attālumā, tādēļ bieži tiek uzskatīts, ka tās ir ir nozīmīgi koksni noārdošo sēņu sporu vektori (Jacobsen et al., 2017). Ievākto vaboļu sadalījums pa dzimtām slazdos pie augļķermeņiem un kontroles slazdos parādīts 1.8.6. attēlā.

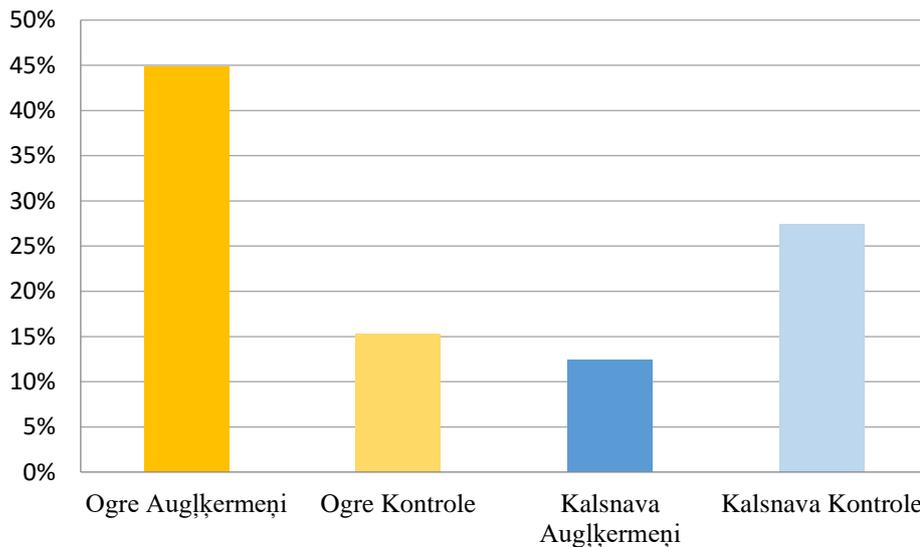
Visbiežāk sastopamā vaboļu dzimta slazdos pie *Heterobasidion* augļķermeņiem bija kailvaboles (*Leiodidae*), konkrētāk *Cholevinae* un *Leiodinae* apakšdzimtu vaboles. Lielā skaitā slazdos pie augļķermeņiem bija sastopama kailvabole *Liodopria serricornis*, kuras sugas bioloģija ir saistīta ar sēņu augļķermeņiem, ar kuriem tā barojas. Kontroles slazdos noķerto vaboļu skaits bija neliels. Spīduļu (*Nitidulidae*) dzimtas *Glischrochilus* ģints vaboles ir plēsēji, kas barojas ar citu bezmugurkaulnieku kāpuriem zem koka mizas. Spalvspārņīšu dzimta (*Ptiliidae*) bija sastopama vienlīdz daudz gan kontroles, gan augļķermeņu slazdos. Tai raksturīga barošanās ar trūdošu organisko materiālu un sēņu sporām. Slazdos bieži bija sastopami arī īsspārņi (*Staphylinidae*). Kalsnavā vienādā skaitā augļķermeņu un kontroles slazdos tika konstatēta vabole *Oxyporus maxillosus*, kas, lai gan ir bieži sastopama cepurīšu sēņu augļķermeņos (piemēram, *Boletus* spp.), tomēr nav saistīta ar koksni noārdošām sēnēm. Kalsnavā tika konstatētas arī piepjavaboļu dzimtas (*Erotylidae*) vaboles.



1.8.6. att. Ievāktu vaboļu dzimtu daudzums (%) slazdos, kas izvietoti pie augļķermeņiem un kontroles slazdos.

Visos slazdos tika konstatēts liels skaits liķvaboļu (*Nicrophorus*) un sarkankrūšu liķvaboļu (*Oiceoptoma thoratica*). Lai gan šīs sugas mežos ir sastopamas bieži, tomēr tām nav saistība ar sēņu augļķermeņiem un tās pārtiek no pūstošiem augiem, mirušiem dzīvniekiem u.c. Augusta beigās bija novērojams liels karstums, kas mijās ar stipru lietu, atšķaidot fiksācijas šķīdumu slazdos. Iespējams, ka šādu slazdu apsekošana būtu jāveic reizi nedēļā, lai ievāktā materiāla smarža atšķaidītajā fiksācijas šķīdumā nesāktu piesaistīt liķvaboles.

Ievāktu bezmugurkaulnieku skaits Kalsnavas un Ogres parauglaukumos bija atšķirīgs (1.8.7. attēls). Tas galvenokārt skaidrojams ar to, ka abos reģionos tika izvietots atšķirīgs skaits slazdu. Tomēr Kalsnavā kontroles slazdos ir ievākts par 15% vairāk bezmugurkaulnieku nekā slazdos, kas izvietoti pie *Heterobasidion* augļķermeņiem. Iespējams, tas saistīts ar to, ka daļa augļķermeņu zem lielu dimensiju mežizstrādes atliekām netika fiksēti, jo Kalsnavas “kontroles” slazdu tuvumā bija liels daudzums stipri trupējušas egles koksnes. Daļa no bezmugurkaulniekiem varēja būt lokalizēta uz citām egles koksne satopamajām piepēm, piemēram, *Fomitopsis pinicola*.



1.8.7. att. Ievāktu bezmugurkaulnieku daudzums (%) slazdos, kas izvietoti pie *Heterobasidion* augļķermeņiem, un kontroles slazdos Ogres un Kalsnavas reģionos.

No šajā pētījumā konstatētajiem bezmugurkaulniekiem iepriekš *Heterobasidion* augļķermeņos ir atrastas vienīgi *Ptiliidae* dzimtas vaboles (Legzdina et al., 2021). Tomēr daudzas sugas spēj pārnest sēņu sporas, lai gan to bioloģija nav cieši saistīta ar sēņu augļķermeņiem. Šāda sakarība ir nesen konstatēta parastajai apmalpiepei (*Fomitopsis pinicola*), kur sēnes sporas tika atrastas visās no augļķermeņiem ievāktajās vabolēs, kā arī uz mizgraužu, kuri tika ievākti uz svaigi cirstas parastās egles koksnes, eksoskeleta (Lunde et al., 2023).

Lai ierobežotu sakņu piepes primāro izplatību ar bazīdijsporām, saimnieciskajos mežos ir svarīgi samazināt trupējušas koksnes daudzumu, tādējādi būtiski ierobežojot patogēna augļķermeņu veidošanos (Schütt et al., 1979; Müller et al., 2007; Gaitnieks et al., 2021).

Kā pretarguments tiek minēts, ka, izvēcot trupējušu koksni, tiek ietekmēta vaboļu daudzveidība. Šajā pētījuma etapā iegūtie rezultāti apstiprina, ka ar *Heterobasidion* inficētas egles koksnes izvākšana nav pretrunā ar līdzšinējo mežsaimniecības praksi, jo neviena aizsargājama vai reta bezmugurkaulnieku suga (Ministru Kabineta noteikumi Nr. 396) līdz šim analizētajā materiālā netika konstatēta.

2. ALTERNATĪVA CELMU APSTRĀDES PREPARĀTA IZSTRĀDE LĪDZ ŠIM PIELIETOTAJAM “ROTSTOP”, TĀ EFEKTIVITĀTES NOVĒRTĒJUMS

2.1. Somijā ražotā preparāta “Rotstop” efektivitātes monitorings un vietējo *P. gigantea* izolātu pārbaude

2.1.1. Metodika

Kopumā iegūti 11 lielās pergamentsēnes izolāti (2.1.1. att.) – deviņi izdalīti no egles, divi no priedes koksnes. Veikta arī LVMI Silava meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijas sēņu kultūru kolekcijas pārstādīšana (vairāk nekā 100 izolātu).



2.1.1. att. Lielās pergamentsēnes izolātu ievākšana VD reģiona Vecumnieku iecirknī. Zem *P. gigantea* augļķermeņiem uz izgāztas egles stumbra ievākti koksnes paraugi (norāde ar bultām); no koksnes izdalītais *P. gigantea* micēlijs reprezentē vienu genotipu. Šajā gadījumā ievāktie četri koksnes paraugi raksturo vienu lielās pergamentsēnes izolātu.

Lai novērtētu *P. gigantea* izolātu augšanas ātrumu un efektivitāti pret *Heterobasidion* spp. 2023. gada 1. novembrī ir ierīkots laboratorijas/lauka eksperiments. Eksperimentam izmantota parastās egles (*Picea abies*) un parastās priedes (*Pinus sylvestris*) stumbra daļa bez zariem vai gandrīz bez zariem ar diametru 9–15 cm. Koki izvēlēti VD reģiona Vecumnieku meža iecirknī (508.kv. apgabals 195.kv.). Kopā izmantoti 4 koki (2 priedes un 2 egles). Katrs koks sazāgēts vienu metru garos nogriežņos un pārvietots uz eksperimenta ierīkošanas vietu LVMI Silava teritorijā. Tieši pirms eksperimenta ierīkošanas katru nogriezni sazāgēja 20–30 cm garos blūķīšos. Lai izslēgtu katra koka individuālo īpašību ietekmi uz eksperimenta rezultātiem, apstrādei ar konkrētiem *P. gigantea* izolātiem izvēlēti blūķīši no abiem vienas sugas kokiem, dažādās stumbra vietās (no tievgaļa, vidus un resgaļa). Tas ir svarīgi tāpēc, ka koksnes mehāniskās īpašības pirmajā garuma metrā no sakņu kakla atšķiras

no pārējās stumbra daļas (prof. L. Līpiņa konsultācija), savukārt barības vielu koncentrācija pieaug virzienā uz stumbra augšdaļu (Helmisaari & Siltala, 1989). Sagatavotie blukīši tālāk izmantoti *P. gigantea* augšanas ātruma un antagonisma pret *Heterobasidion* bazīdijsporu infekciju novērtēšanai.

***P. gigantea* augšanas ātruma novērtējums egles koksnē**

Blukīšu virspusē, izmantojot urbi, iestrādātas sešas bedrītes (2.1.2. attēls), kuru diametrs ir 1,5 cm. Pēc tam bedrītēs ar automātisko pipeti tika iepilināti 0,4 ml attiecīgās *P. gigantea* izolāta suspensijas.



2.1.2. att. Blukītis ar virsmā iestrādātām bedrītēm, kur iepilināta *P. gigantea* suspensija.

Katrs *P. gigantea* izolāts analizēts deviņos atkārtojumos.

Minētās suspensijas tika pagatavotas laboratorijā divas līdz četras stundas pirms eksperimenta sākuma (*P. gigantea* sporu koncentrācija: 5000 sporas uz mililitru). Eksperimentā izmantoti desmit *P. gigantea* Latvijas izcelsmes izolāti: PG 182 (apzīmējums - 2), PG 382(3), DZ3(4), KU1(5), KU2(6), KU3(7), OG-L(8), KA-2(9), KU4(10), TI-L(11) un preparāts "Rotstop"(1).

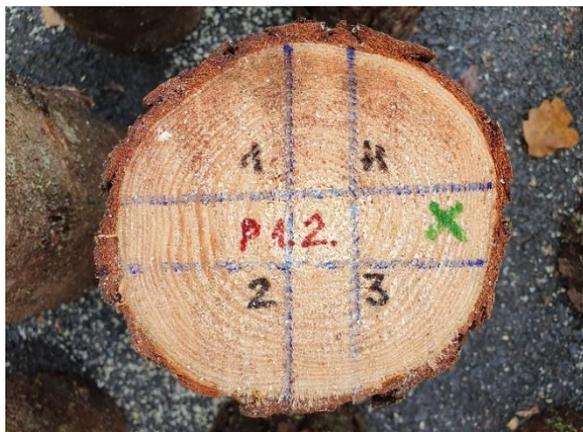
Pēc apstrādes blukīši inkubēti klimata kamerās 18°C temperatūrā 26 dienas. Pavisam eksperimentā izmantoti 18 egles blukīši. Pēc tam no katra blukīša tika nozāģētas sešas ripas (ripu biezums 2–3 cm). Ripas tika marķētas, nomizotas, nomazgātas, ieliktas plastmasas maisiņos un inkubētas klimata kamerās vienu nedēļu. Uz ripas virsmas ar ūdensizturīgas krāsas marķieri atzīmēja *P. gigantea* micēlija aizņemto laukumu un ar lineālu izmērīja *P. gigantea* micēlija izaugšanas dziļumu. *P. gigantea* aizņemtos laukumus pārzīmēja uz caurspīdīgas plēves un ar planimetru (PLANIX S10 „Marble”) izmērīja *P. gigantea* aizņemto laukumu.

Heterobasidion aizņemto laukumu kvadrācentimetros ieguva, saskaitot ar attiecīgo krāsu atzīmēto punktu skaitu.

***P. gigantea* antagonisma pret dabisko *Heterobasidion* infekciju novērtējums *Picea abies* un *Pinus sylvestris* koksnē**

Pēc sazāģēšanas blukīšu augšējā virsma tika sadalīta četrās daļās, velkot līnijas caur blukīša centru ar ūdensizturīgas krāsas marķiera palīdzību, atstājot starp sektoriem 1–2 cm joslu. Uz trīs sektoriem blukīša centrā atzīmēts konkrētā *P. gigantea* izolāta numurs un uz

četurtā sektora – kontrole (burts „H”) jeb sektors, kur novērtēt *Heterobasidion* dabisko infekciju (2.1.3.attēls).



2.1.3. att. Bluķīša virsmas sadalījums sektoros.

Pēc tam sektori 1.–3. apsmidzināti ar konkrēto *P. gigantea* izolātu (PG 182, PG 382 un “Rotstop”) suspensiju koncentrācijā 5000 sporas/ml. Apstrādes laikā pārējie sektori uz bluķīša virsmas aizklāti ar papīra lapu.

Pēc tam bluķīši tika pārvesti uz VD reģiona Ogres meža iecirkņa teritoriju un novietoti 2–4 m attālumā no *Heterobasidion* augļķermeņiem. Bluķīši audzē atstāti sešas dienas, pēc tam pārvesti uz LVMI Silava un inkubēti klimata kamerās (18 °C temperatūrā) 21 dienu (priede) un 29 dienas (egle), regulāri mitrināti. Pavisam eksperimentā izmantoti 15 priedes un 15 egles bluķīši. Pēc tam no katra bluķīša tika nozāģētas trīs ripas (ripu biezums 2–3 cm). *P. gigantea* antagonisms pret *Heterobasidion* analizēts trīs un deviņu cm dziļumā.

Iegūtās ripas tika apstrādātas pēc iepriekšējā nodaļā augstāk minētās metodikas. Izmantojot binokulāro mikroskopu, katru kvadrātcentimetru sistemātiski pārbaudīja, lai noteiktu *Heterobasidion* konīdiju attīstību. Atrodot konīdijas, attiecīgo kvadrātu (7x7 mm) atzīmēja ar ūdensizturīgu sarkanas krāsas marķieri. *Heterobasidion* aizņemto laukumu (cm²) ieguva, saskaitot ar attiecīgu krāsu atzīmēto punktu skaitu. *P. gigantea* aizņemto laukumu noteica pēc tādas pašas metodikas kā *P. gigantea* augšanas ātruma novērtējumā.

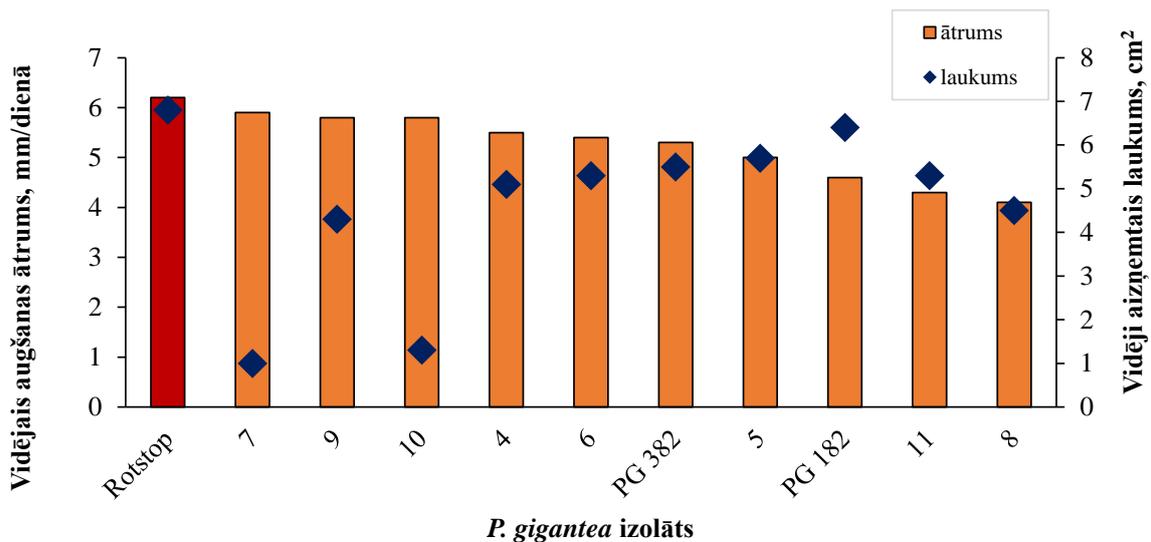
P. gigantea efektivitāte (E) tika aprēķināta, izmantojot sekojošo formulu:

$$E(\%) = 100 - (\text{Heterobasidion laukums } \% \text{ apstrādātajos sektoros} \times 100 / \text{Heterobasidion laukums } \% \text{ kontroles sektorā})$$
 (Kenigvalde et al., 2016).

2.1.2. Rezultāti

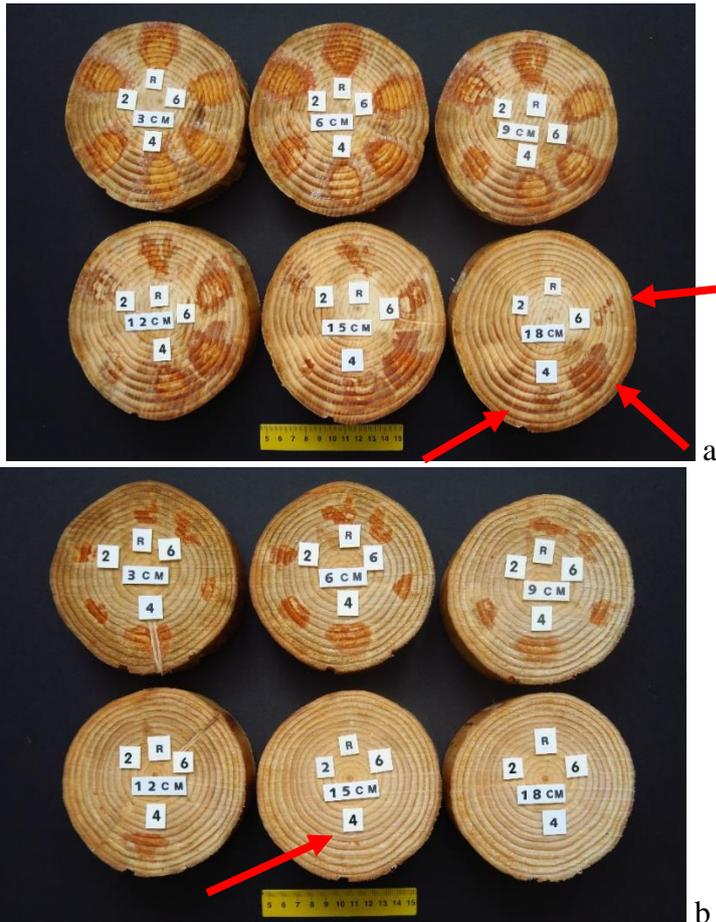
P. gigantea augšanas ātrums egles koksne

P. gigantea izolātu vidējais augšanas ātrums egles koksne bija 4,1±0,9...6,2±0,5 mm/ dienā un aizņemtais laukums 1,0±0,5...6,8±1,6 cm² (2.1.4. attēls). Bioloģiskā preparāta “Rotstop” sastāvā esošais izolāts uzrādīja visaugstākās vidējā augšanas ātruma un aizņemtā laukuma vērtības salīdzinājumā ar pārējiem analizētajiem *P. gigantea* izolātiem, tomēr konstatētās atšķirības nebija statistiski būtiskas (p>0,05).



2.1.4. att. *P. gigantea* izolātu vidējais augšanas ātrums un aizņemtais laukums egles koksnē. Varianti nr. 4-10 ir Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolāti.

Vislielāko vidējo augšanas ātrumu no *P. gigantea* Latvijas izolātiem uzrādīja izolāts Nr. 7, Nr. 9 un Nr. 10, vislielāko aizņemto laukumu izolāti PG 182, Nr. 5 un PG 382 (2.1.5. attēls). Kā liecina iegūtie dati, Latvijas izcelsmes izolāti Nr. 4 (DZ3), Nr. 6 (KU2), PG382, Nr. 5 (KU1) un PG182 uzrāda līdzīgu aizņemto laukumu un augšanas ātrumu kā preparāta “Rotstop” sastāvā esošais izolāts. Piecu no analizētajiem 10 Latvijas izcelsmes izolātiem augšanas ātrums un aizņemtais laukums egles koksnē būtiski neatšķīrās no preparāta “Rotstop”.



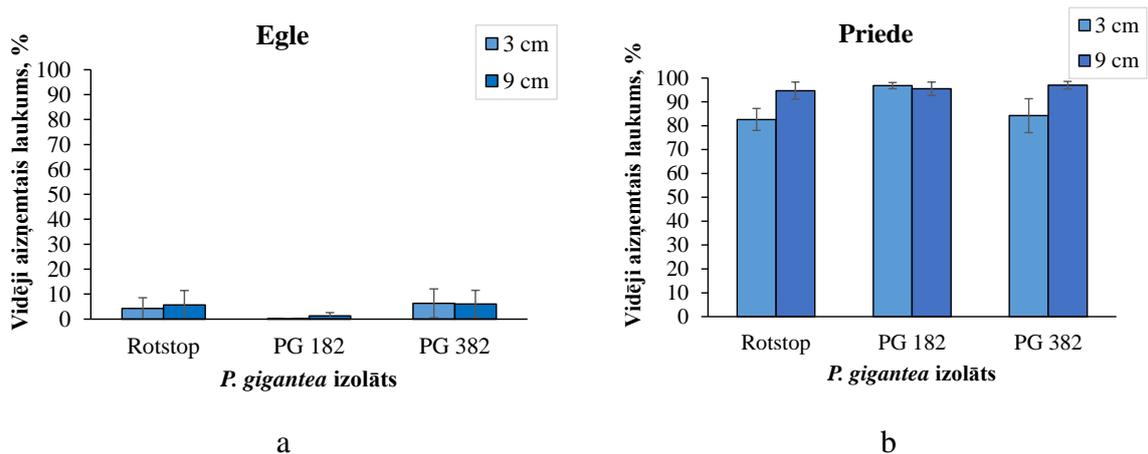
2.1.5. att. *P. gigantea* micēlija attīstība egles koksnē.

a-*P. gigantea* izolātu nr.2, nr.3*, nr.4, nr.5*, nr.6 un “Rotstop” (R) augšanas ātrums un aizņemtais laukums egles koksnē analizētajās ripās 3–18 cm dziļumā (eksperimenta blūķītis E.1.3.); *-izolātu iekrāsojums koksnē ar numuru nav atzīmēts; 18 cm dziļumā iekrāsojums konstatēts izolātiem DZ3(4), KU1(5) un KU2(6) – norāde ar bultu.

b- *P. gigantea* izolātu nr.2, nr.3*, nr.4, nr.5*, nr.6 un “Rotstop” (R) augšanas ātrums un aizņemtais laukums egles koksnē analizētajās ripās 3–18 cm dziļumā (eksperimenta blūķītis E.2.4.) *-izolātu iekrāsojums koksnē ar numuru nav atzīmēts; 15 cm dziļumā iekrāsojums konstatēts tikai izolātam DZ3(4) – norāde ar bultu.

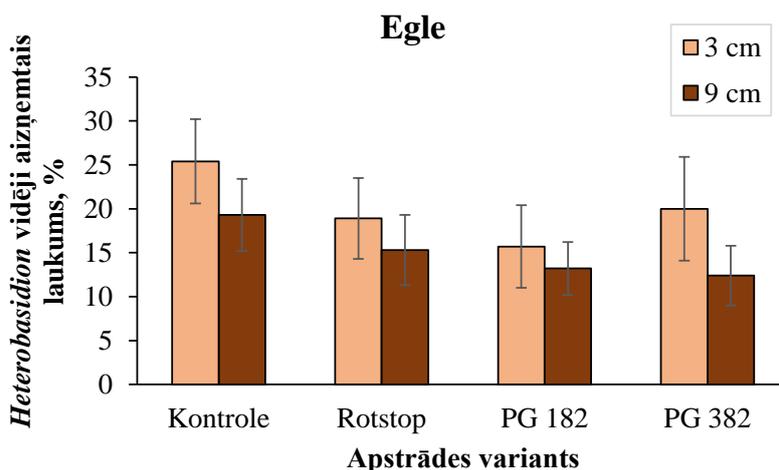
P. gigantea antagonisms pret dabisko *Heterobasidion* infekciju *Picea abies* un *Pinus sylvestris* koksnē

P. gigantea izolātu aizņemtais laukums apstrādātajos sektoros egles koksnē bija ļoti neliels 0,1–6,3% no sektora laukuma (2.1.6. a. attēls), savukārt priedes koksnē 82,6–97% (2.1.6. b. attēls). Egles koksnē starp analizētajiem *P. gigantea* izolātiem netika konstatētas būtiskas atšķirības ne trīs, ne deviņu cm dziļumā ($p > 0,05$), savukārt priedes koksnē “Rotstop” izolāts deviņu cm dziļumā uzrādīja būtiski lielāku aizņemto laukumu salīdzinājumā ar trīs cm dziļumu; izolāta PG 182 aizņemtais laukums priedes koksnē trīs cm dziļumā bija būtiski lielāks salīdzinājumā ar “Rotstop” ($p < 0,05$).



2.1.6. att. *P. gigantea* vidēji aizņemtais laukums egles (a) un priedes koksniē (b) divos analizētajos dziļumos (3 un 9 cm).

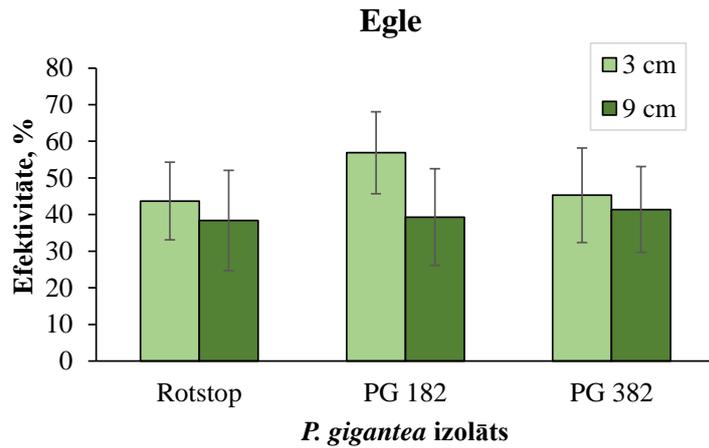
Heterobasidion kontroles sektorā egles koksniē ir aizņēmis lielāku vidējo laukumu (25,4% 3 cm dziļumā un 19,3% 9 cm dziļumā) salīdzinājumā ar apstrādes variantiem (15,7 – 20% 3 cm dziļumā un 12,4–15,3% 9 cm dziļumā) (2.1.7. attēls).



2.1.7. att. *Heterobasidion* vidēji aizņemtais laukums egles koksniē.

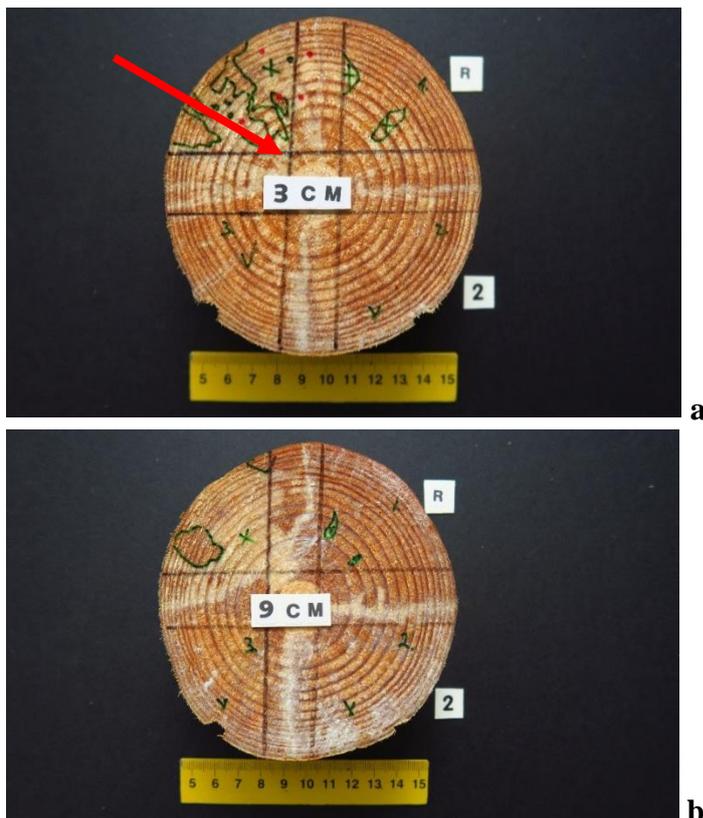
Tomēr *Heterobasidion* aizņemtais laukums kontroles un apstrādātajos sektoros būtiski neatšķiras ($p > 0,05$). Priedes koksniē *Heterobasidion* aizņemtais laukums kontroles sektorā bija 3,7–56,3% (vidēji 20,5%), apstrādātajos sektoros *Heterobasidion* netika konstatēts.

Egles koksniē *P. gigantea* izolātu efektivitāte pret *Heterobasidion* abos analizētajos dziļumos bija vidēji 38,4–56,9% (2.1.8. attēls). Līdzšinējos pētījumos Latvijā konstatēts, ka “Rotstop” efektivitāte priedes koksniē ir 95%, bet egles koksniē 89% (Kenigsvalde et al., 2016). Šajā pētījumā zemāka “Rotstop” efektivitāte egles koksniē varētu būt saistīta ar koksnes īpašībām vai ar to, ka blūķīši bija eksponēti ļoti tuvu infekcijas avotam. Arī citos pētījumos secināts, ka augsts *Heterobasidion* sporu fons var samazināt “Rotstop” efektivitāti (Berglund & Rönnberg, 2004; Berglund et al., 2005).



2.1.8. att. *P. gigantea* izolātu efektivitāte pret *Heterobasidion* egles koksnē.

P. gigantea izolāts PG 182 uzrādīja augstāku efektivitāti 3 cm dziļumā salīdzinājumā ar PG 382 un “Rotstop” (2.1.9. attēls), tomēr konstatētās atšķirības nebija būtiskas ($p > 0,05$). Priedes koksnē visu analizēto *P. gigantea* izolātu efektivitāte bija 100%.



2.1.9. att. “Rotstop” un Latvijas *P. gigantea* izolātu efektivitātes salīdzinājums. a- 3 cm dziļumā; b- 9 cm dziļumā.

R- “Rotstop”; 2- *P. gigantea* izolāts PG182; ar sarkaniem punktiem kontrols sektorā atzīmēta *Heterobasidion* infekcija – norāde ar bultu.

2.1.3. Secinājumi

1. Piecu Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolātu augšanas ātrums un aizņemtais laukums egles koksnē būtiski neatšķīrās no “Rotstop” *P. gigantea* izolāta.

2. Analizētie *P. gigantea* Latvijas izolāti PG 182 un PG 382 uzrāda augstāku vai līdzvērtīgu efektivitāti pret *Heterobasidion* salīdzinājumā ar “Rotstop”.

2.2. Citu celmus kolonizējošo sēņu izmantošanas potenciāla novērtējums bioloģisko preparātu efektivitātes uzlabošanā - *Trichaptum abietinum* nozīme sakņu piepes ierobežošanā

2.2.1 *T. abietinum* izolātu iegūšana un to augšanas ātruma novērtējums

Lai pārbaudītu egļu violetpiepes *Trichaptum abietinum* potenciālu *Heterobasidion* izraisītās infekcijas sakņu trupes ierobežošanā, laika posmā no 2023. gada marta līdz augustam, no 21 egles ievākti 116 koksnes paraugi AS “Latvijas valsts meži” VD reģiona Ogres meža iecirkņa, Skaistkalnes meža iecirkņa un Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novada teritorijās.

No viena koka ievākti 1 līdz 11 koksnes paraugi, tos ievāca tā pat kā *P. gigantea* paraugus, izmantojot rokas zāģi un cirvīti – ar tiem izzāģējot vai izcērtot aptuveni 10x10x1 cm lielu koksnes paraugu. Paralēli pētījuma paraugu ievākšanai, bakalaura darba ietvaros, tiek veikta arī sēnes auglķermeņu lokalizācijas shematiska attēlošana uz analizētajiem kokiem, lai labāk izprastu *T. abietinum* bioloģiju un mijiedarbību ar citām koksni kolonizējošām sēņu sugām (2.2.1. attēls).



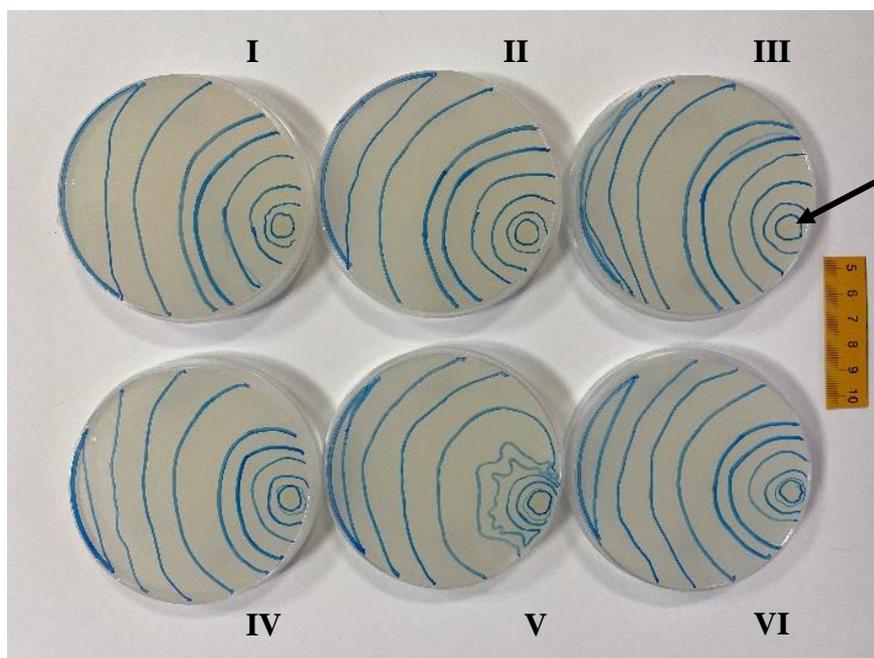
2.2.1. att. Shematisks attēlojums Skaistkalnes meža iecirknī apsekotajam *Picea abies* kokam nr.1;

PG – *P. gigantea*; TR- *T. abietinum*; Ar bultu norādīta *Heterobasidion* auglķermeņu (H) atrašanās vieta uz saknēm; ar zāģveida līniju attēlota koka galotnes nozāģēšanas vieta.

Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novadā ievākti 67 paraugi no deviņiem kokiem, VD Ogres meža iecirknī ievākts 31 paraugs no desmit kokiem, Skaistkalnes meža iecirknī ievākti 18 paraugi no diviem kokiem. Paraugi nogādāti LVMI Silava Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijā, kur tie apstrādāti un uzlikti uz Hagem barotnēm. Uz barotnēm Petri traukos uzlikti aptuveni trīs centimetrus gari koksnes paraugi. Barotnes tika apsektas ik pēc trīs dienām.

Līdz šim iegūti 29 izolāti, kuri salīdzināti ar references (jau iepriekš mikroskopiski noteikta un ģenētiski pierādīta *T. abietinum* tīrkultūra) kultūru, izmantojot mikroskopu 100x lielā palielinājumā, ģenētikas analīzēm nodoti 5 izolāti (TR-5; TR-6; TR-19; TR-21; BT-C). Pēc laboratorijas ģenētisko analīžu rezultātiem apstiprinājās, ka iegūtais micēlijs reprezentē *T. abietinum*, līdz ar to droši pieņemam, ka visi līdz šim iegūtie un noteiktie izolāti ir *T. abietinum*.

Izdalītajiem micēlijiem noteikts augšanas ātrums. Izaudzētās tīrkultūras tika uzšētas uz HAGEM agara barotnēm, katra trīs atkārtojumos, novietojot sēni saturošu agara gabaliņu Petri plates malā. Kopā izmantoti 105 Petri trauki un micēlija augšanu novēroja 19 dienas, laika posmā no 6. novembra līdz 24. novembrim, ik pēc 3 dienām veicot atzīmi uz Petri trauka apakšējās daļas – cik tālu ir izaudzis sēnes micēlijs (2.2.2. attēls). Augšanas ātrums tika pārbaudīts 35 tīrkultūrām, no kurām sešas (TR-1; TR-2; TR-3; V4; V6; V8) tika iegūtas un saglabātas laboratorijas sēņu kolekcijā iepriekšējo gadu laikā.



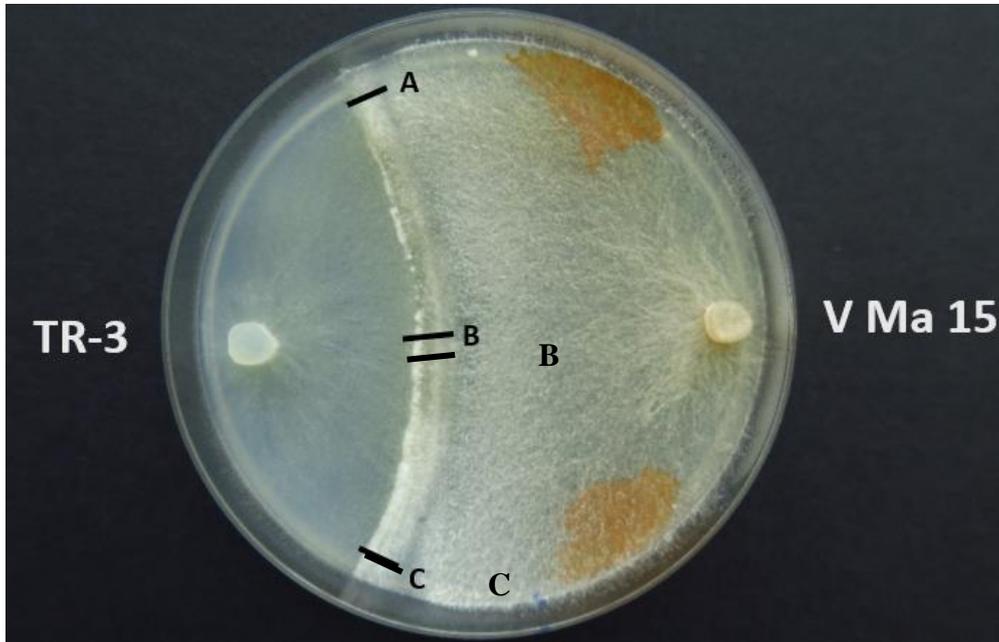
2.2.2. att. Augšanas ātruma atzīmes izolātiem TR-2 un TR-4 (Petri trauka apakšpuse).

I, II, III - trīs atkārtojumi izolātam TR-2. IV, V, VI – trīs atkārtojumi izolātam TR-4. Agara gabaliņš ar micēliju no kura sākti mērījumi, norādīts ar bultu.

Augšanas ātrums mērīts kā plates aizņemtais laukums kvadrātmilimetros (3. pielikums), kurš iegūts ar mērījumu veikšanai paredzētu datorprogrammu ImageJ. Lielākas precizitātes nolūkos, katra laukuma iedaļa mērīta trīs reizes un no tām iegūts vidējais lielums. Tālākam antagonisma novērtējumam uz agara barotnēm tika izvēlēti desmit *T. abietinum* izolāti – TR-1, TR-3, TR-5, TR-6, TR-19, TR-21, BT-C, TR-23, TR-24 un TR-25 – izvēlēti izolāti, kuri uzrādījuši lielāku augšanas ātrumu (skat. 3. pielikumu), kas turpmākos eksperimentos ir būtiski, jo augšanas ātrumam ir pozitīva korelācija ar antagonismu. Izolātu vitalitāte tika vērtēta arī pēc micēlija morfoloģiskajām pazīmēm. Tālākajiem blukīšu un ripu eksperimentiem izvēlēti četri *T. abietinum* izolāti – TR-5, TR6, TR-19 un TR-21.

2.2.2. *T. abietinum* antagonisma novērtējums laboratorijas apstākļos

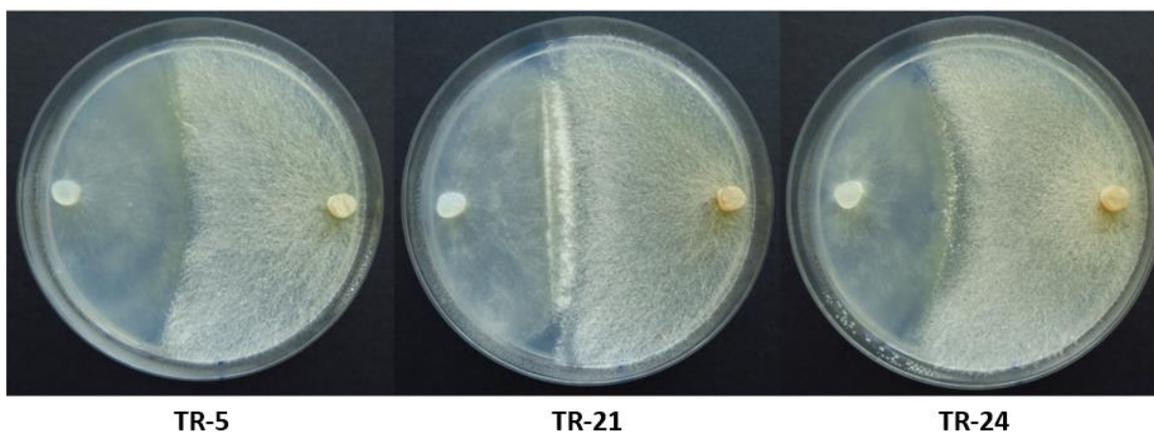
Laboratorijas apstākļos veikts 10 *T. abietinum* izolātu antagonisma novērtējums pret pieciem *H. annosum* un pieciem *H. parviporum* izolātiem. Agara gabaliņi ar sēņu micēliju Petri traukā novietoti viens otram pretī – vienā malā *T. abietinum* izolāts, bet otrā - *Heterobasidion* izolāts (2.2.3. attēls).



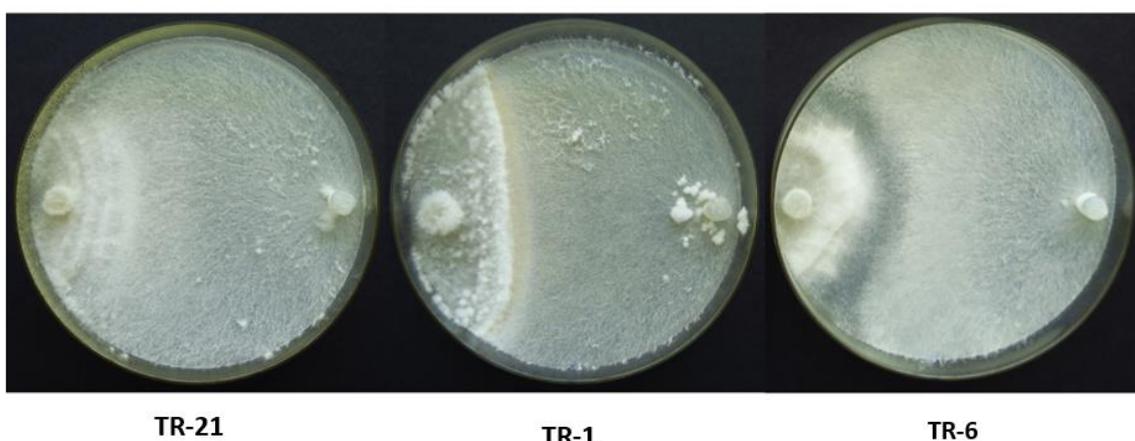
2.2.3. att. *T. abietinum* izolāts TR-3 un *H. annosum* izolāts V Ma 15.

A- pārauguma zona Petri trauka augšējā daļā; B- pārauguma zona Petri trauka vidū; C- pārauguma zona Petri trauka apakšējā daļā.

Katrs no variantiem analizēts trīs atkārtojumos, kopumā izmantojot 300 Petri traukus. Petri trauki inkubēti 36 dienas, pēc tam veikts antagonisma novērtējums, mērot pārauguma zonas vidējo pieaugumu milimetros dienā (4. pielikums). Pēc šī rādītāja tika noteikts antagonisms starp abām analizētajām sēnēm. Pārauguma zona mērīta plates augšējā daļā, pa vidu un apakšējā daļā (2.2.3. attēls) – pēc tam iegūstot vienu vidējo lielumu, kuru izdala ar micēlija inkubēto dienu skaitu. Analizētie *T. abietinum* izolāti uzrādīja atšķirīgu antagonismu pret dažādiem analizētajiem *H. annosum* un *H. parviporum* izolātiem. Piemēram, kā redzams 2.2.4. attēlā, *T. abietinum* izolāts TR-21 uzrāda izteiktu antagonismu pret *H. annosum* izolātu V MA 15, bet 2.2.5.attēlā redzams, ka *H. annosum* izolāts 12.2.PB ir pilnībā pāraudzis *T. abietinum* izolātu TR-21.



2.2.4. att. Izolātu TR-5, TR-21 un TR-24 antagonisms pret *H. annosum* izolātu V Ma 15 (labajā pusē).

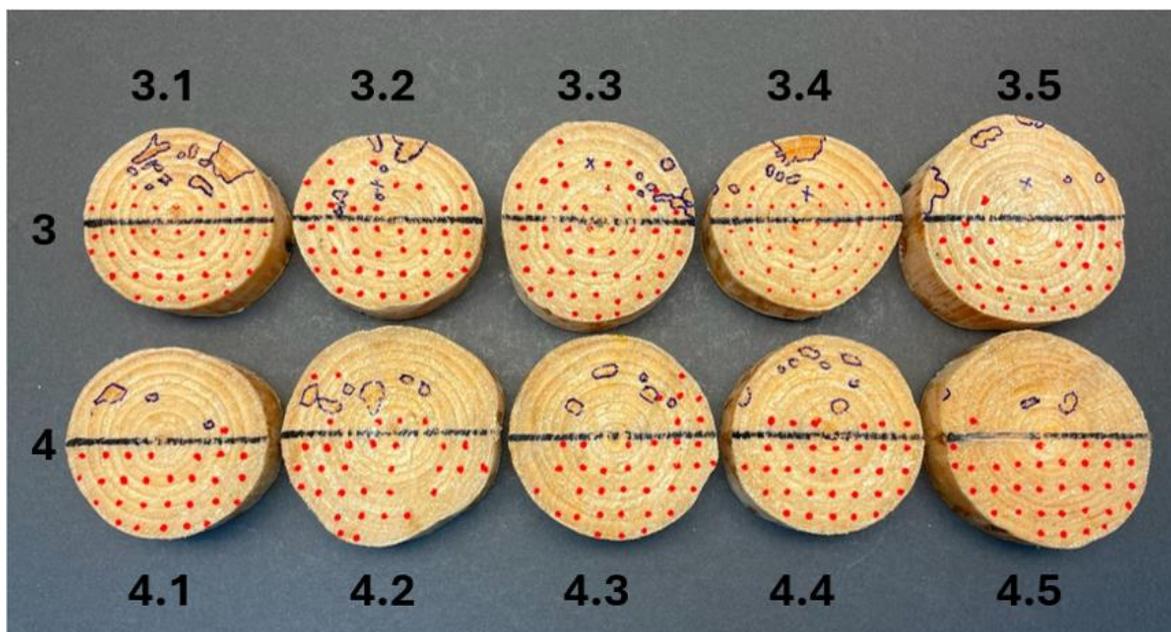


2.2.5. att. *T. abietinum* izolātu TR-21, TR-1 un TR-6 antagonisms pret *H. annosum* izolātu 12.2.PB (labajā pusē).

Visi analizētie *T. abietinum* izolāti uzrāda labāku antagonismu pret *H. annosum* (0,59 mm/d; $\sigma = 0,28$) salīdzinājumā ar *H. parviporum* (0,66 mm/d; $\sigma = 0,29$). *T. abietinum* izolāts TR-21 uzrāda izteiktu antagonismu pret visiem *H. annosum* izolātiem ar vidējo pārauguma zonas pieaugumu 0,47 mm/d, kā arī labāko antagonismu pret visiem *H. parviporum* izolātiem ar vidējo pārauguma zonu 0,31 mm/d.

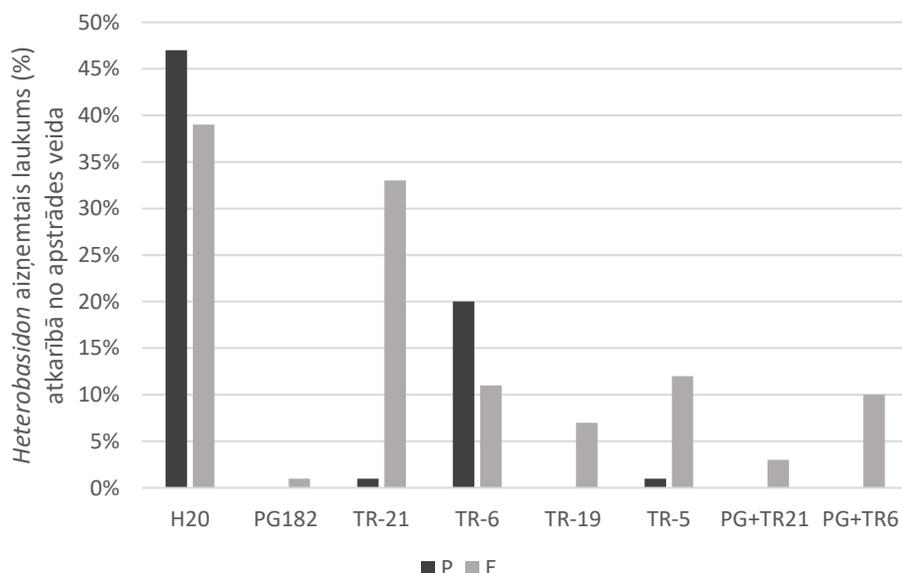
2.2.3. Izolātu efektivitāte pret *Heterobasidion* skuju koku ripās un nogriežņos

Pārbaudot izvēlēto izolātu efektivitāti pret *Heterobasidion*, tika veikta 40 egles un 40 priežu ripu apstrāde ar suspensijām un suspensiju maisījumiem. Ripas inokulētas ar piecām atsevišķu izolātu lielās pergamentsēnes vai egļu violetpiepes suspensijām (PG182; TR-21; TR-6; TR-19; TR-5), diviem *P. gigantea* un *T. abietinum* suspensiju maisījumiem (PG182+TR-21; PG182+TR-6), *H. annosum* (HAZ; IV Ma 15) un *H. parviporum* (HPO; SR98.3.2) izolātu suspensiju maisījumu un ūdens kontroli. Ripas sadalītas divās daļās, kur viena no pusēm tiek apstrādāta ar analizējamo suspensiju, bet otra ar četru *Heterobasidion* izolātu maisījuma suspensiju. Katram variantam veikti pieci atkārtējumi (2.2.6. attēls).



2.2.6. att. Ripu apstrāde ar *T. abietinum* izolātiem TR-21 (3) un TR-6 (4); 3.1 līdz 3.5 un 4.1. līdz 4.5 - atkārtojumu skaits. Ar sarkaniem punktiem atzīmēta *Heterobasidion* infekcija.

Pēc divu nedēļu inkubācijas klimata kamerā, izmantojot stereomikroskopu, novērtēts *Heterobasidion* aizņemtā laukums ar antagonisko sēni inokulētajā ripas pusē. Secināts, ka gan egles, gan priedes ripās *Heterobasidion*, visefektīvāk ierobežo PG182; labus rezultātus uzrāda arī *T. abietinum* izolāts TR-19 un izolātu suspensiju maisījums PG182+TR21 (2.2.7. attēls).



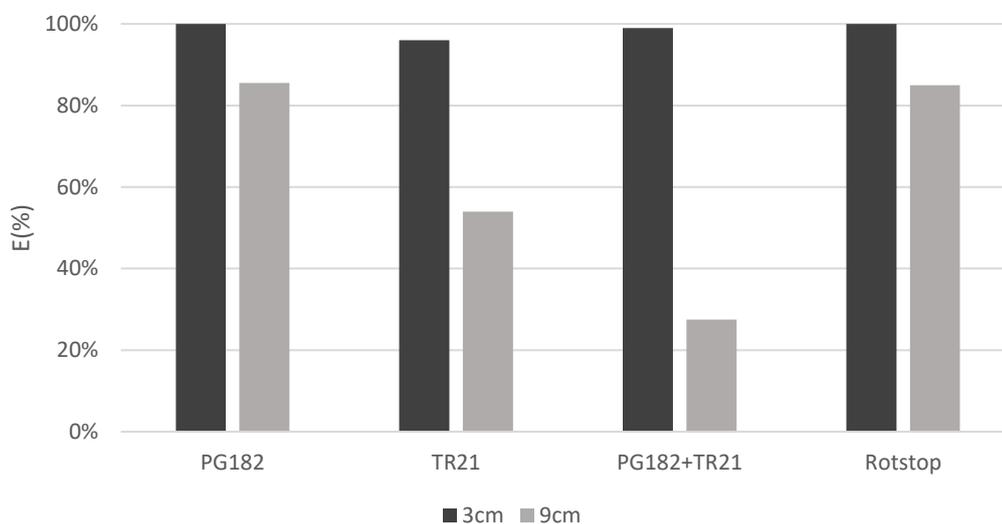
2.2.7. att. *Heterobasidion* aizņemtā laukums (%) *Pinus sylvestris* (P) un *Picea abies* (E) ripās atkarībā no apstrādes veida.

Veikta arī 15 egles un 15 priedes nogriežņu inokulēšana ar trim suspensijām (PG182; TR21; Rotstop), vienu suspensiju maisījumu (TR-21+PG182) un ūdeni-kontrole, lai novērtētu

suspensiju efektivitāti pret *Heterobasidion*. Katram variantam veikti trīs atkārtojumi. Nogriežņi inkubēti klimata kamerā trīs nedēļas, pēc tam sazāģēti trīs centimetru biezās ripās, kuras inkubētas klimata kamerā vēl vienu nedēļu. Pēc nedēļu ilgas inkubācijas suspensiju efektivitāte vērtēta trīs un deviņu centimetru dziļumā (2.2.8. un 2.2.9. attēli).



2.2.8. att. Trešā apstrādes varianta (*T. abietinum* izolāts TR-21) *Picea abies* nogriežņa pirmā (3 cm dziļumā) un otrā (9 cm dziļumā) novērtētā ripa. Ar zilu krāsu apvilks *T. abietinum* izraisītais iekrāsojums; ar sarkaniem punktiem atzīmēta *Heterobasidion* infekcija.



2.2.9. att. Suspensiju efektivitātes E(%) novērtējums *Picea abies* nogriežņos, trīs un deviņu centimetru dziļumā atkarībā no apstrādes veida.

Iegūtie rezultāti liecina, ka turpmākiem pētījumiem tiks izmantoti *T. abietinum* izolāti TR-21 un TR-19. Šie izolāti uzrādījuši labu augšanas ātrumu, kā arī izteiktu antagonismu pret *H. annosum*, gan pret *H. parviporum*.

Augstāko efektivitāti pret *Heterobasidion* konīdijsporu infekciju uzrāda *P. gigantea* un “Rotstop”. Trīs centimetru dziļumā *T. abietinum* kopā ar *P. gigantea* arī uzrāda ļoti augstu

efektivitāti pret *Heterobasidion*. Priedes koksne *Heterobasidion* micēlija klātbūtne konstatēta tikai vienā aprārdes variantā deviņu centimetru dziļumā. Ļoti iespējams, ka *Heterobasidion* micēlija attīstību ietekmēja koksnes īpašības – izmantotās ripas reprezentēja aplievas koksnī. Patogēna attīstību varēja ietekmēt arī koksnes endofīti. *Heterobasidion* micēlija attīstība var atšķirties arī dažādos kokos (Sun et al., 2009).

LVMI Silava veiktā pētījumā par *P. gigantea* izolātu attīstību priedes un egles koksne secināts, ka izolātu īpašības (augšanas ātrumu un aizņemto laukumu) ietekmē izolāta izcelsme, respektīvi, vai izolāts ir izdalīts no egles vai no priedes (Kļavina et al., 2023). Visi mūsu eksperimentā izmantotie *T. abietinum* izolāti bija iegūti no egles. Turpmākajos pētījumos jāizmanto arī *T. abietinum* izolāti, kas iegūti no priedes koksnes.

2.2.4. Secinājumi

1. Izdalītie *T. abietinum* izolāti laboratorijas apstākļos uzrāda antagonismu pret *Heterobasidion* spp.

2. Koksnes ripās *T. abietinum* izolāts TR-19 un TR-21 suspensiju maisījumā kopā ar *P. gigantea* uzrāda līdzīgu efektivitāti pret *Heterobasidion* kā *P. gigantea* izolāts PG182.

3. Egles nogriežņos Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolātu raksturo līdzīga efektivitāte pret *Heterobasidion* kā preparāta “Rotstop” sastāvā esošais *P. gigantea* izolāts.

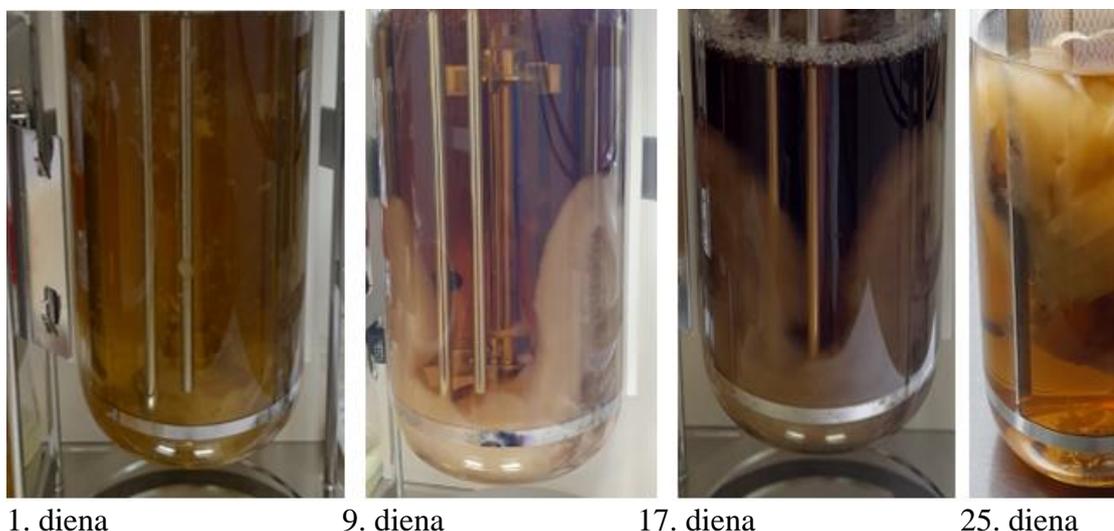
2.3. Somijā ražotajam līdzeklim “Rotstop” alternatīva preparāta izstrādāšana

Sēņu audzēšanu uz cietās barotnes virsmas un šķidrā barotnē izmanto, lai ražotu dažāda veida bioloģiskos preparātus, kas satur sēnes sporas un micēlija fragmentus. Kultivācijā uz cietās barotnes virsmas kā oglekļa un enerģijas avotu izmanto dabisku substrātu, un tā ir primārā metode, ko izmanto sēņu pavairošanai (Sala et al., 2019). Priekšrocības kultivēšanā uz cietās barotnes virsmas ir zemākas enerģijas un ūdens prasības, jo procesam nav nepieciešama šķidra vide, padarot to rentablāku un videi draudzīgāku (Sala et al., 2019), iespēja saražot augstākas koncentrācijas produktu uz substrāta vienību (cietais substrāts darbojas kā barības vielu rezervuārs), un potenciāls uzlabot produktu kvalitāti (izraisot stresu mikroorganismiem, kā rezultātā palielinās, piemēram, fermentu un sekundāro metabolītu ražošanu). Tomēr, kultivējot sēnes uz cietās barotnes virsmas, ir grūti palielināt kultivēšanas apjomu (problēmas ar substrāta viendabīguma uzturēšanu), procesa kontrole ir ierobežota (cietā substrāta neviendabīgo īpašību dēļ), kā arī ir produkta iegūšanai nepieciešama sarežģītāka pakārtotā apstrāde cietāko substrāta daļiņu klātbūtnes dēļ (Mascarin et al., 2016; Sala et al., 2019). Literatūrā nav daudz informācijas par *P. gigantea* audzēšanu (Васильяускас, 1989; Pratt et al., 2000; Webber & Thorpe, 2003), īpaši lielos apmēros. Līdz šim zināms tikai viens cietās barotnes sastāvs *P. gigantea* audzēšanai uz cietās barotnes virsmas - Virtanen (2008a un 2008b) izmantoja koncentrētas cietes, silīcija dioksīda un dolomīta kaļķa maisījumu. Virtanen et al. (2008a) audzējis *P. gigantea* plastmasas maisos, uz plātnēm un cietās fāzes bioreaktorā ar aptuveno tilpumu 100 L (50 L darba tilpums) 22–28°C temperatūrā. Pētījumā konstatēts, ka ar visām iepriekš minētajām audzēšanas metodēm iespējams iegūt līdzīgu sporu iznākumu $5,4 \times 10^6$ koloniju veidojošās vienības (KVV)/g. Mēģinot vēl vairāk uzlabot bioreaktora dizainu un procesu, Virtanen et al. (2008b) izveidoja jauna veida bioreaktoru, kas sastāv no diviem traukiem. Šajā bioreaktorā sasniegtais *P. gigantea* sporu iznākums bija $3,6 \times 10^6$ KVV/g. Kuznetsov un Ruchai (2018) veikuši *P. gigantea* audzēšanu šķidrā barotnē, kā galvenās barotnes sastāvdaļas izmantojot spirta destilācijas atlikumus. Autori konstatējuši, ka vislielākā

sēnes biomasa (7,9-9,8 g/l) un sporu iznākums ($1,5 \times 10^6$ KVV/mL) iegūts barotnē, kas sastāvēja no spirta destilācijas atlikumiem, kas papildināti ar 5% zāģu skaidu.

Pēc sēnes audzēšanas šķidrajā barotnē, biomasu no barotnes iespējams atdalīt ar spiediena vai rotācijas vakuuma filtrēšanas sistēmām, centrifugēšanu vai flokulāciju (Lewis, 1991). Kultivēšanas gadījumā uz cietās fāzes sēnes biomasu var atdalīt, sasmalcinot un sijājot kolonizēto substrātu, vai atdalot sēņu sporas ar virsmaktīvām vielām, piemēram, Tween 80 (Sala et al., 2021; Roswanjaya et al., 2022). Aizsargvielas, piemēram, dabiskie polimēri (karagīns, arābu sveķi, ksantāna sveķi, želatīns, algināts utt.), sintētiskie polimēri (polivinilspirts un polivinilpirolidons), dārzeņkopības eļļa, glicerīns un mono- un disaharīdi (saharozs, glikoze, trehalozs un laktoze) un to kombinācijas varētu būt piemērotas sēni saturoša produkta sastāva izstrādei (Biradar & Santhosh, 2018; Lobo et al., 2019; Bejarano & Puopolo, 2020; Teixidó et al., 2022). Bioloģiskais aizsardzības līdzeklis "PG suspension" (pieejams lietošanai tikai Apvienotajā Karalistē) satur *P. gigantea* sporas un micēlija fragmentus, koncentrētu (67%) saharozes/medus šķīdumu (viskozitāte 514 MPa pie 10 °C) ar zemu ūdens aktivitāti ($a_w = 0,85$). Zema ūdens aktivitāte neļauj sporām sākt dīgt, samazina baktēriju un rauga sēņu aktīvo augšanu preparātā tā uzglabāšanas laikā (Thorpe & Webber, 2005). Rishbeth (1963) izveidoja pulverveida produktu, kas satur *P. gigantea* sporas (liofilizējot sporas 20% saharozes šķīdumā). Produkts vislabāk glabājas, ja tā žāvēšana notika ātri, piemēram, izmantojot kalcija hlorīdu. Rishbeth (1963) iegūtais produkts saturēja 25 ml ūdens, 3 g saharozes, 5 g pulverveida talka un 0,6 g nātrija karboksimetilcelulozes, kas kalpoja suspensijas stabilizēšanai žāvēšanas laikā.

Lai veiktu Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolātu micēlija pavairošanu, sadarbībā ar Koksnes Ķīmijas institūtu ierīkots eksperiments bioreaktorā (INFORS HT, Minifors 2) divu litru tilpuma tvertnē iesala ekstrakta šķidrajā barotnē (2.3.1. attēls).



2.3.1. att. *P. gigantea* micēlija attīstība bioreaktorā iesala ekstrakta šķidrajā barotnē

Audzēšanai bioreaktorā *P. gigantea* izolāta micēlijs sākotnēji pavairots kolbās šķidrajā barotnē 250 ml tilpumā (15 g iesala ekstrakts/l), audzējot divas nedēļas 20°C temperatūrā.

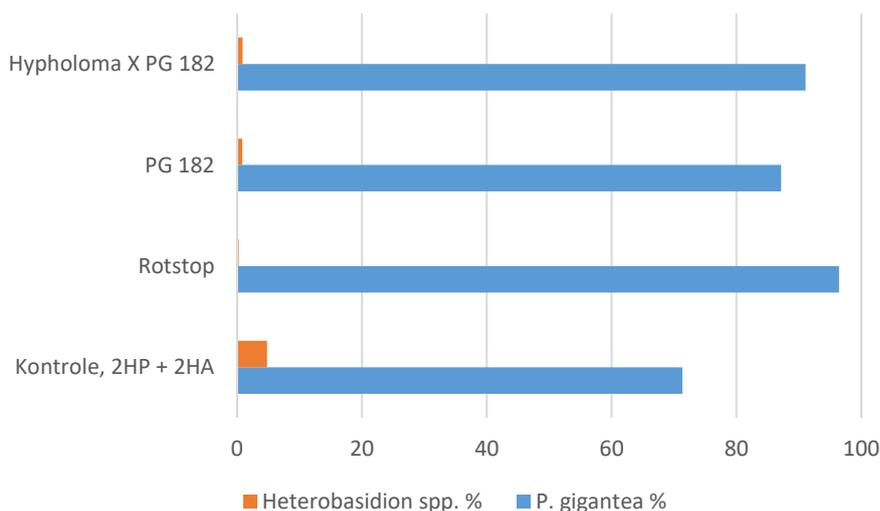
P. gigantea micēlija pavairošana bioreaktoros veikta septiņos procesos, mainot parametrus (temperatūru 28°C, maisīšanas ātrumu 50–300 apgr. min., gaisa padevi 0,5–1 l/min, papildus vielu pievienošanu (polisorbāts 80, talks)).

Iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka maisot ar ātrumu 50–300 apgr. min. un aerējot ar 0,5–1 L/min *P. gigantea* micēlijs nofiksējas un aug gar bioreaktora sienām un ievietotajām metāliskajām detaļām. Pievienojot virsmas aktīvu vielu - polisorbātu 80, *P. gigantea* micēlijs tikai daļēji nogulsnējās pie bioreaktora metāliskajām virsmām, daļa micēlija atradās izkliedētā veidā šķidrā barotnē. *P. gigantea* micēlijs savu optimālo biomasu divu litru šķidrā barotnē, kas satur iesala ekstraktu, sasniedz divu nedēļu laikā. Ja micēlijs tiek audzēts ilgāku laiku, lai iegūtu papildus micēlija biomasu, nepieciešama šķidrās barotnes papildināšana ar barības vielām.

Lai ilgtermiņā salīdzinātu *P. gigantea* un *Hypholoma fasciculare* jaukto suspensiju ietekmi uz sakņu piepes attīstību egles koksni, 2022. gada vasarā Kalsnavas mežu novadā trijos parauglaukumos egļu audzēs ar kūdras augsnēm (205. kvartāls 1. nogabals, 203. kvartāls 3. nogabals, 202. kvartāls 21. nogabals) un trijos parauglaukumos ar minerālaugsnēm (150. kvartāls 8. nogabals un 23. nogabals, 229. kvartāla 16. nogabals) egļu celmi apstrādāti ar divām jauktajām sēņu suspensijām. Apstrādei lietota *H. fasciculare* kombinācijā ar *P. gigantea* izolātu PG182. Pēc apstrādes celmi inficēti ar *Heterobasidion* konīdijsporu suspensiju. Apstrādāto celmu kopskaits bija 60 celmi. Ierīkotajos parauglaukumos papildus 60 kontroles egļu celmi apstrādāti ar *Heterobasidion*, “Rotstop” vai tikai ar PG182 suspensiju.

2023. gada pavasarī audzēs ar minerālaugsnēm koksnes ripas ievāktas no 10 celmiem katrā apstrādes variantā (attiecīgi 10 ripas, kas apstrādātas: i) tikai ar četru *Heterobasidion* spp. izolātu suspensiju; ii) ar “Rotstop”; iii) ar *P. gigantea* izolātu PG182; iv) ar *H. fasciculare* un PG182 izolātu maisījumu).

Rezultāti liecina, ka apstrāde ar jaukto suspensiju būtiski neatšķiras no apstrādes ar “Rotstop” vai PG182 (2.3.2. attēls). Turpmākajos pētījumos tiks noskaidrota analizēto sēņu izolātu /suspensiju maisījumu ilgtermiņa ietekme uz *Heterobasidion* spp. micēlija attīstību.



2.3.2. att. *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. relatīvais micēlija aizņemtāis laukums celmu apstrādes eksperimentā.

Publicēts raksts Kļaviņa D. et al. “Host-associated Intraspecific Phenotypic Variation in the Saprobic Fungus *Phlebiopsis gigantea*” (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00248-023-02176-z>) un Kļaviņa D. et al. “Effect of stand thinning, former land use and individual tree parameters on wood inhabiting fungal community composition in young living Norway spruce” (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1754504823000582>).

3. SAKŅU TRUPI IZRAISOŠO SĒŅU POPULĀCIJU STRUKTŪRA UN DINAMIKA ILGTSPĒJĪGAS MEŽSAIMNIECĪBAS PRAKSĒ PERSPEKTĪVO INTRODUCĒTO KOKU SUGU MEŽAUDZĒS

3.1. Informācija par Klinškalnu priedes *Pinus contorta* un lapegles *Larix* sp. uzņēmību pret celmeni un sakņu piepi

Celmenes – *Armillaria* spp. izraisa ievērojamus mežsaimnieciskos zaudējumus (Guillaumin & Legrand, 2013). Īpaši nozīmīgi šie zaudējumi ir priežu (*Pinus sylvestris*) jaunaudzēs. Polijā veiktie pētījumi liecina, ka 10 gadus pēc stādījumu ierīkošanas kaltsušo *P. sylvestris* skaits var sasniegt 300–800 kociņu/hektāru (Łakomy & Cieślak, 2004). Arī Klinškalnu priede (*P. contorta*) ir uzņēmīga pret *Armillaria* spp. (Dempster, 2017; Mallett & Maynard, 2001; Mugala et al., 1989; Murray, Leslie, 2021). Kanādā veiktie pētījumi liecina, ka *Armillaria* (īpaši *A. ostoyae*) var izraisīt ievērojamus zaudējumus *P. contorta* audzēs (Mallett et al., 1999). Līdzīgi kā *P. sylvestris* arī *P. contorta* stādījumos vairāk ir apdraudēti 10–20 gadus veci koki (Blenis, 2000). Noskaidrots, ka 10–15 gadus pēc stādīšanas ar *A. ostoyae* ir inficēti 20% *P. contorta* (Filip et al., 2008). Pētījumi Anglijā liecina, ka līdz 20 gadu vecumam *P. contorta* audzēs *Armillaria* var izraisīt būtiskus zaudējumus (Greig et al., 2001). *Armillaria* infekcija *P. contorta* stādījumos ir pierādīta arī Norvēģijā. Ir noskaidrots, ka uz 89% ar *A. ostoyae* inficēto *P. contorta* sakņu ir sastopamas sēnes rizomorfas (Klein-Gebbinck & Blenis, 1991). Šajā pētījumā ir pierādīts, ka 78% gadījumu *P. contorta* infekcijas avots bija inficētu celmu saknes vai sakņu fragmenti. Kā zināms, rizomorfas ir viens no nozīmīgākajiem *Armillaria* izplatības veidiem, tāpēc celmu izstrāde būtiski samazina sēnes attīstībai nepieciešamo substrāta daudzumu (Guillaumin & Legrand, 2013; Morrison et al., 1988). Zviedrijā veiktā pētījumā, apkopojot literatūru par celmu nozīmi trupi izraisošo sēņu izplatībā, secināts, ka celmu izstrāde samazina gan sakņu piepes (*Heterobasidion* spp.), gan celmenes (*Armillaria* spp.) izplatību (Vasaitis et al., 2008). Iepriekš minētajā pētījumā secināts, ka *Armillaria* infekcijas samazinājumus *P. contorta* audzēs pēc celmu raušanas ir no 15,8% līdz 1,3%. Tikmēr sakņu piepes *Heterobasidion* infekcijas samazinājums *P. contorta* stādījumos ir bijis no 31,2% līdz 22,9%. Tātad celmu raušana vairāk ietekmē *Armillaria*. Iepriekš minētās atziņas par celmu raušanas ietekmi gan uz *Heterobasidion*, gan uz *Armillaria* izplatību ļauj secināt, ka *Armillaria* izplatības ierobežošana Klinškalnu priedes stādījumos balstās uz tiem pašiem principiem, kā attiecībā uz *Heterobasidion*. Protams, tas ir arī tāpēc, ka abas sēnes ir pārstāvētas ne tikai vienā audzē, bet var būt sastopamas vienā un tajā pašā kokā. Ir pierādīts, ka eglē *Armillaria* var vienlaicīgi izraisīt stubra-sakņu trupi (Gaitnieks et al., 2021; Laine, 1976; Stenlid & Wästerlund, 1986). Lai ierobežotu sakņu piepes/celmenes izplatību, nepieciešams: i) noskaidrot patogēna sugu – pat vienas sugas dažādi genotipi var atšķirties ar patogenitāti, respektīvi, micēlija spēju ātri kolonizēt ievērojamu substrāta daudzumu un strauji izplatīties sakņu sistēmā no koka uz koku (Prospero et al., 2001); ii) izdalīt pret patogēnu mazāk uzņēmīgu jeb rezistentāku stādmateriālu (Wahlström & Barklund, 1994). Pētījumos Zviedrijā, analizējot 100 Klinškalnu priedes proveniences, secināts, ka *Armillaria* bojājumi ir īpaši nozīmīgi pirmajos 10 gados un ka dažādām proveniencēm ir atšķirīga uzņēmība pret celmenes infekciju (Karlman, 1986). Latvijā līdz šim ir analizēta dažādu Klinškalnu priedes proveniencu inficētība ar sakņu piepi iepriekš ar *Heterobasidion* inficētā platībā (Zaļuma et al., 2019). 2023. gadā ir ievākts sēklu materiāls no Latvijā introducētajām Klinškalnu priedes proveniencēm, lai sagatavotu stādmateriālu rezistences pārbaudei pret *Heterobasidion* un *Armillaria*.

Pētījumi Anglijā, Vācijā, Kanādā, Japānā un citās valstīs liecina, ka dažādas *Larix* spp. sugas ir uzņēmīgas pret *Armillaria ostoyae* un *A. mellea* infekciju (Cook, 1961; Greig et al., 2001; Ono, 1970; Robinson & Morrison, 2001; Seibt et al., 1971; Suzuki et al., 1994; Winkler, 1973). Tomēr vairumā iepriekš minēto pētījumu secināts, ka lapegles līdzīgi kā Klinškalnu priedes ir uzņēmīgas pret *Armillaria* infekciju 7–16 gadu vecumā. Palielinoties vecumam, pieaug rezistence pret *Armillaria*, tāpēc lapegli mistraudzēs ar *P. contorta* tiek rekomendēts stādīt platībās, kas inficētas ar *A. ostoyae* (Morrison et al., 1988). Itālijā veiktā pētījumā (Anselmi et al., 1994) noskaidrots, ka ar *Armillaria ostoyae* bija inficētas 17,8% *P. sylvestris*, 12,5% *Picea abies* un 5,3% *Larix decidua*. Vairākos pētījumos par *L. occidentalis* inficētību ar *A. ostoyae* secināts, ka *L. occidentalis*: a) raksturo zema infekcija līdz 10 gadu vecumam (Robinson, Morrison, 2001); b) pēc 20 gadiem izveidojas rezistence (Morrison et al., 1988); c) *L. occidentalis* sekmīgāk ierobežo *A. ostoyae* micēlija attīstību koksne, salīdzinot ar citām koku sugām (Entry et al., 1992; Robinson & Morrison, 1994; Robinson et al., 2004). Lapegļu sugas/hibrīdi arī savā starpā atšķiras ar uzņēmību pret *Armillaria* infekciju. Pētījumos Anglijā secināts, ka līdz 15–17 gadu vecumam ar *Armillaria* inficētās audzēs kaltošo *Larix x eurolepis* un *Larix kaempferi* kociņu skaits ir piecas reizes lielāks salīdzinājumā ar *L. decidua* (Greig et al., 2001).

Kā jau iepriekš minēts, *Armillaria* infekcijas process ir līdzīgs sakņu piepes infekcijai, tikai *Armillaria* ir priekšrocība – rizomorfās, kas atšķirībā no *Heterobasidion* nodrošina sēnes sekmīgu attīstību augsne (Redfern 1978; Shaw & Kile, 1991). Turklāt pētījumi liecina, ka rizomorfu daudzums pozitīvi korelē ar izolāta “agresivitāti” – tāvad rizomorfu daudzuma novērtējums augsne var būt labs *Armillaria* infekcijas potenciāla rādītājs (Suzuki, 1994). Pētījumos Zviedrijā ir secināts, ka *Larix x eurolepis* raksturo ļoti augsta inficētība no augsne sastopamajiem ar *Heterobasidion* inficētajiem koksnes vai sakņu gabaliņiem (Rönnberg & Vollbrecht, 1999). Arī citos pētījumos ir pierādīta *L. decidua* un *L. kaempferi*, *Larix x eurolepis* un *L. sibirica* inficētība ar *Heterobasidion* stipri inficētās platībās (Kurkela, 2000; Vollbrecht et al., 1995). Šie secinājumi ir svarīgi, jo līdzīgu “infekcijas pārneši” var prognozēt arī attiecībā uz platībām, kas raksturo augstu *Armillaria* infekcijas potenciālu – celmi, saknes, inficēti koki.

Viss iepriekš minētais ļauj secināt, ka *Armillaria* infekcijas ierobežošanai gan Klinškalnu priedes, gan lapegļu stādījumos jābalstās uz līdzīgu stratēģiju – samazināt inficēta substrāta pieejamību, tādejādi ierobežojot arī rizomorfu izplatību augsne. Substrāta pieejamības samazināšana nozīmē arī stādmateriāla sakņu nespēju nonākt kontaktā ar inficēto celmu saknēm vai to fragmentiem. Protams, lai ierobežotu *Armillaria* izplatību, maksimāli jāizslēdz faktori, kas var veicināt patogēnās sēnes attīstību, jo celmene pamatā inficē novājinātus kokus, kas ir pakļauti stresam (Guillaumin & Legrand, 2013). No minētajiem faktoriem jāizceļ mitruma saturs augsne, gruntsūdens līmenis un ar to saistītā augsnes aerācija, barības vielu disbalanss, augsnes sablīvēšanās (Entry, 1991; Côte & Dessureault, 1994; Winkler, 1973). Stādu uzņēmību pret *Armillaria* infekciju var ietekmēt arī stādīšanas kvalitāte (Ono, 1970). Savukārt rizomorfu veidošanos ietekmē arī augsne sastopamās mikroskopiskās sēnes, īpaši *Penicillium* un *Trichoderma*. Pētījumi liecina, ka lielākā daļa šādu rizomorfu “inhibitoru” ir atrasti augsne no bērzu audzes (90%) un *L. decidua* (78%) (Kwaśna, 2001). Iepriekš minētās atziņas ļauj secināt, ka līdzīgi kā attiecībā pret *Heterobasidion* lapu koku piemaisījums samazina inficētību ar *Armillaria* (Gerlach et al., 1997; Morrison et al., 1988; Omdal, 1995). Ir zināms, ka *Heterobasidion* vairāk apdraud skuju koku stādījumus bijušajās lauksaimniecības zemēs, taču *Armillaria* vairāk sastopama meža zemēs, salīdzinot ar lauksaimniecības zemēm un ganībām (Côte & Dessureault, 1994). Kā jau iepriekš minēts, *Armillaria* pamatā inficē novājinātus kokus. Pēdējos gados bieži novērotās ekstrēmi karstās vasaras vai pavasara saules un ilgstošie lietūs periodi, kokiem var radīt papildus stresu un līdz ar to paaugstināt uzņēmību pret celmenes infekciju (Ono, 1970; Dempster, 2017; Mallett et al., 2001; Murray & Leslie 2021). Arī siltākas ziemas var veicināt celmenes izplatību, jo šādos apstākļos netiek pilnīgi

izslēgta rizomorfu attīstība. Jebkurā gadījumā saistībā ar klimata pārmaiņām, līdzīgi kā attiecībā pret citiem patogēniem, jāreķinās ar dažādu *Armillaria* sugu izplatības areāla palielināšanos.

3.2. Sakņu trapes izplatīšanās ātrums perspektīvākajām introducēto koku sugām

Latvijā sastopamas divas sakņu piepes sugas – egļu sakņu piepe *Heterobasidion parviporum* (pamatā inficē egli) un priežu sakņu piepe *H. annosum* (galvenokārt inficē priedi, sastopama arī lapu koku audzēs).

Mūsu darba mērķis ir noskaidrot *Heterobasidion parviporum* un *Heterobasidion annosum*, kā arī lielās pergamentsēnes *P. gigantea* izplatīšanās ātrumu perspektīvākajās Klinškalnu priedes proveniencēs.

3.2.1. Metodika

Eksperimentam izvēlēti koki bez dzīvnieku bojājumiem un stumbru deformācijām līdz 5 m augstumam *Pinus contorta* var. *latifolia* provenienču-ģimeņu stādījumā VD reģiona Vecumnieku iecirknī, 196. kv., 12. nog. (objekta koordinātes - 56041`6 Z.pl. un 24027`43 A.g), kas ierīkots 1985. gadā ar divgadīgiem stādiem. *Pinus contorta* zāģētas 2023. gada 26. aprīlī, stumbri sagarināti 1 m garos nogriežņos un nogādāti LVMI Silava (3.2.1. att.)

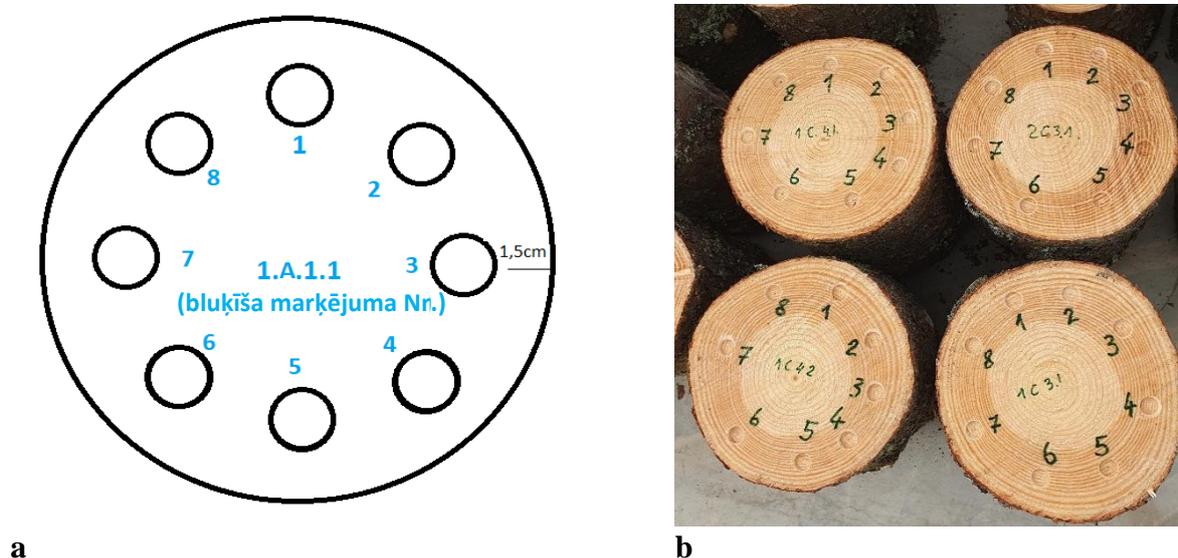


3.2.1. attēls. Eksperimentam sagatavotie vienu metru garie Klinškalnu priedes nogriežņi

Eksperimentam tika izmantoti *P. contorta* koki no četrām proveniencēm (5.PM, 9.FN, 13.SL, SK (“Skrīveri” kontrolei)) ar diametru 1,3 m un augstumā ap 15 cm. Proveniences 5.PM un 13.SL katru reprezentē divi koki, bet 9.FN – viens koks.

Metru garajiem nogriežņiem no katra gala nozāģēta ~5 cm bieza ripa un atlikušais baļķis sazāģēts aptuveni 25–30 cm garos blukīšos, lai no katra koka iegūtu deviņus blukīšus pēc iespējas izvairoties no zaru vietām (18 blukīši no vienas proveniencē kokiem). Blukīšus numurēja, sākot no stumbra pamatnes augošā secībā, marķējot tos augšpusē, tievajā galā ar numuru un koka proveniencē piederību. Blukīši sagatavoti un eksperiments ierīkots 2023. gada 28. aprīlī.

Katra bluķīša augšpusē zāgējuma virsmas aplievā tika izurbtas astoņas bedrītes ($D = 1,5\text{ cm}$) vismaz $1,5\text{ cm}$ attālumā no mizas, urbuma dziļums $0,5\text{--}1\text{ cm}$ (3.2.2. att.). Bedrītēs iepilināja sagatavotās *Heterobasidion*, *P. gigantea* un “Rotstop” oīdiju suspensijas un suspensiju maisījumus.



3.2.2. attēls. Eksperimenta dizains analizētajos bluķīšos: a – izolātu iestrādes shematisks attēlojums; b – sagatavotie bluķīši

Sporu suspensijām izmantoti divi *H. annosum*, divi *H. parviporum* un divi *P. gigantea* izolāti – “Rotstop” un Latvijas izcelsmes izolāts PG 182 (3.2. tabula). *H. annosum* s.l. konīdijsporu suspensijas ar sporu koncentrāciju 500 sporas mililitrā un *P. gigantea* suspensijas ar 5000 sporām mililitrā sagatavoja laboratorijā tajā pašā dienā, kad veikta eksperimenta ierīkošana. Katrā bedrītē ar automātisko pipeti iepilināja 500 mikrolitrus atbilstošās suspensijas (3.2.3. a att.).

3.2. tabula. Suspensiju varianti

Bedrītes Nr.	Suspensija
1	HPO (<i>H. parviporum</i> 1)
2	“Rotstop”
3	HAZ (<i>H. annosum</i> 1)
4	PG182
5	HPN (<i>H. parviporum</i> 2)
6	“Rotstop” + Het. mix (sākotnēji iepilināts “Rotstop” un pēc vienas stundas tajā pašā bedrītē iepilināti 0,5 ml Het. mix (2 <i>H. annosum</i> un 2 <i>H. parviporum</i> izolātu maisījums) ar koncentrāciju 500 sporas/ml)
7	HAU (<i>H. annosum</i> 2)
8	PG182 + Het. mix (sākotnēji iepilināts <i>P. gigantea</i> 182 un pēc vienas stundas tajā pašā bedrītē iepilināti 0,5 ml Het. mix (2 <i>H. annosum</i> un 2 <i>H. parviporum</i> izoātu maisījums) ar koncentrāciju 500 sporas/ml)

Bluķīši pēc četrus nedēļu inkubācijas klimata kamerās (3.2.3. b att.), tika sazāģēti sešās līdz septiņās ~ 3 cm biežās ripās, sākot no bluķīša augšējās virsmas.



a



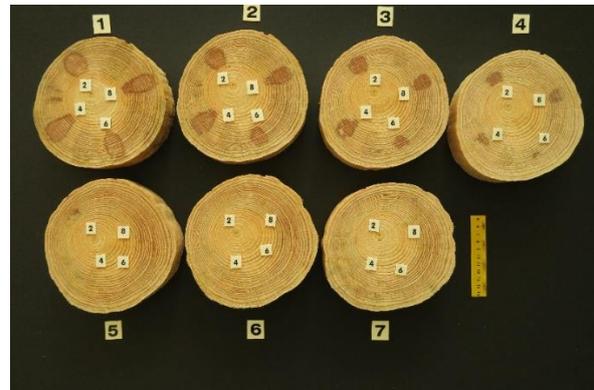
b

3.2.3. attēls. Suspensiju ienešana blukīšu virsmā iestrādātajās bedrītēs (a) un blukīšu inkubēšana klimata kamerā (b).

Ripas marķētas, nomizotas, nomazgātas, ieliktas plastmasas maisiņos un inkubētas klimata kamerās vienu nedēļu. *P. gigantea* sastopamība noteikta pēc brūnganā krāsojuma, kas pēc inkubācijas izveidojās uz koksnes ripām (3.2.4. att.).



a



b

3.2.4. attēls. *P. gigantea* attīstības novērtējums Skrīveru provenienci raksturojošā *Pinus contorta* blukītī. a - blukītis pēc 7 dienu inkubācijas klimata kamerā, b – *P. gigantea* micēlija attīstība dažādos dziļumos: 1–7 analizētās ripas. Cipari 2, 4, 8 ripas centrā norāda suspensijas variantu, kas satur *P. gigantea*, par ko liecina oranžais krāsojums.

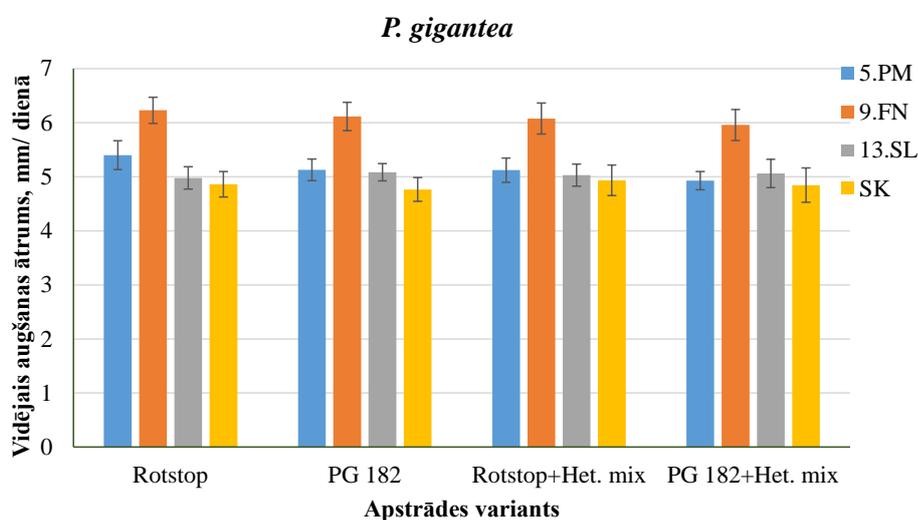
Izmantojot binokulāro mikroskopu, katru kvadrācentimetru sistemātiski pārbaudīja, lai noteiktu *Heterobasidion* konīdiju attīstību. Atrodot konīdijas, attiecīgo kvadrātu atzīmēja ar ūdensizturīgu sarkanas krāsas marķieri.

Uz ripas virsmas ar ūdensizturīgu citas krāsas marķiera palīdzību atzīmēja *P. gigantea* micēlija aizņemto laukumu un ar lineālu tika izmērīts, cik dziļi koksne ieaudzis *P. gigantea* micēlijs. *P. gigantea* un *Heterobasidion* aizņemtos laukumus pārzīmēja uz caurspīdīgas plēves un ar planimetru (PLANIX S10 „Marble”) izmērīja *P. gigantea* aizņemto laukumu.

Heterobasidion aizņemto laukumu (cm²) ieguva, saskaitot ar attiecīgu krāsu atzīmēto punktu skaitu.

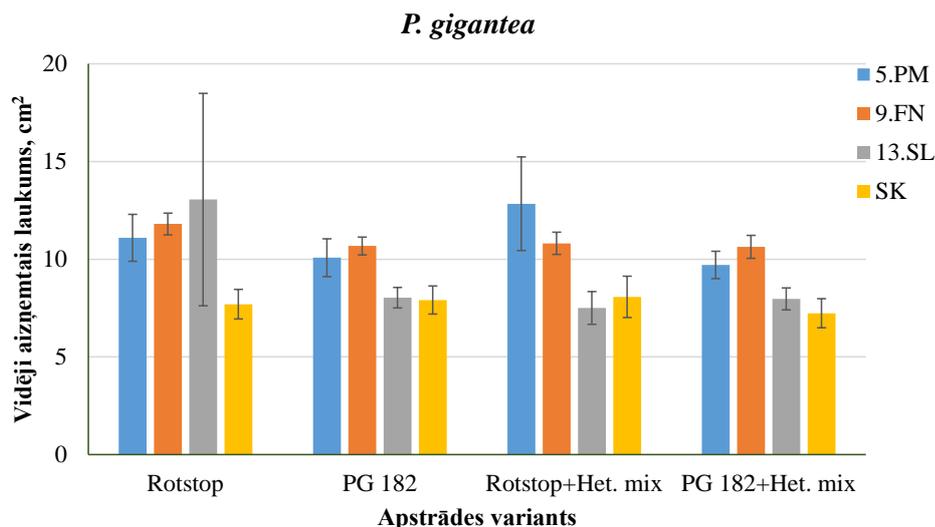
3.2.2. Rezultāti

P. gigantea vidējais augšanas ātrums (3.2.5. att.) visos apstrādes variantos (“Rotstop”, PG 182, “Rotstop”+Het. mix un PG 182+Het. mix) bija būtiski lielāks blūķīšos, kas reprezentēja *P. contorta* provenienci 9. FN (6,1±0,1 mm/dienā), salīdzinot ar citām proveniencēm (5. PM – 5,1±0,1 mm/dienā, 13. SL – 5,0±0,0 mm/dienā, SK – 4,9±0,0 mm/dienā) (p<0,05).



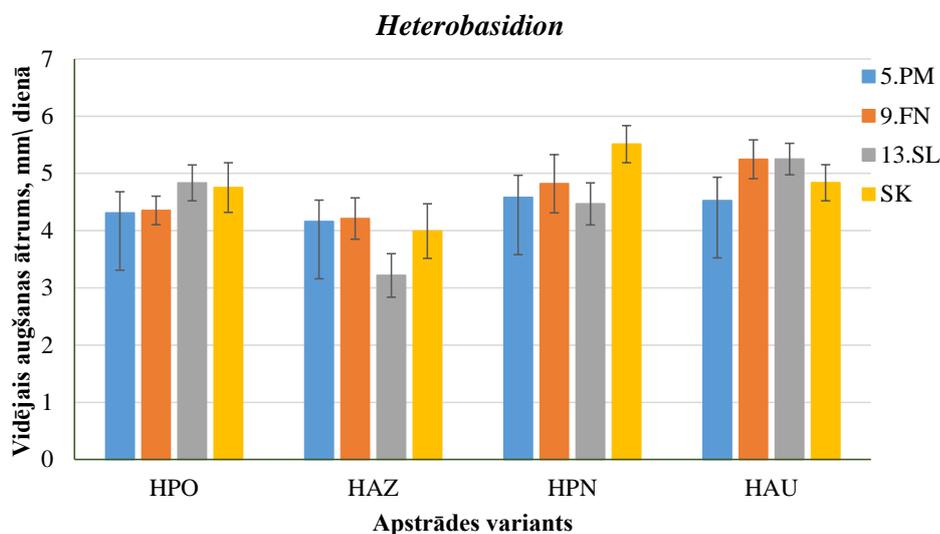
3.2.5. attēls. *P. gigantea* vidējais augšanas ātrums četrās *P. contorta* proveniencēs (5.PM - *P. contorta* ģimene Nr. 5 proveniencē Pink Mountain, 9.FN - *P. contorta* ģimene Nr. 9 proveniencē Fort Nelson, 13.SL - *P. contorta* ģimene Nr. 13 proveniencē Summit Laken, proveniencē Skrīveri) atkarībā no apstrādes varianta.

P. gigantea vidēji aizņemtais laukums (no visiem *P. gigantea* apstrādes variantiem: “Rotstop”, PG 182, “Rotstop”+Het. mix un PG 182+Het. mix) 6 cm dziļumā proveniencē 9.FN bija 11,0±0,3 cm², 5.PM - 10,9±0,8 cm², 13.SL - 9,1±1,5 cm², SK - 7,7±0,2 cm² (3.2.6. att.). Būtiski lielāku vidējo laukumu *P. gigantea* aizņēma proveniencēs 9.FN, 5.PM salīdzinot ar provenienci SK (p<0,05).



3.2.6. attēls. *P. gigantea* vidēji aizņemtais laukums 6 cm dziļumā četrās *P. contorta* proveniencēs (5.PM - *P. contorta* ģimene Nr. 5 proveniencē Pink Mountain, 9.FN - *P. contorta* ģimene Nr. 9 proveniencē Fort Nelson, 13.SL - *P. contorta* ģimene Nr. 13 proveniencē Summit Laken, proveniencē Skrīveri) atkarībā no apstrādes varianta.

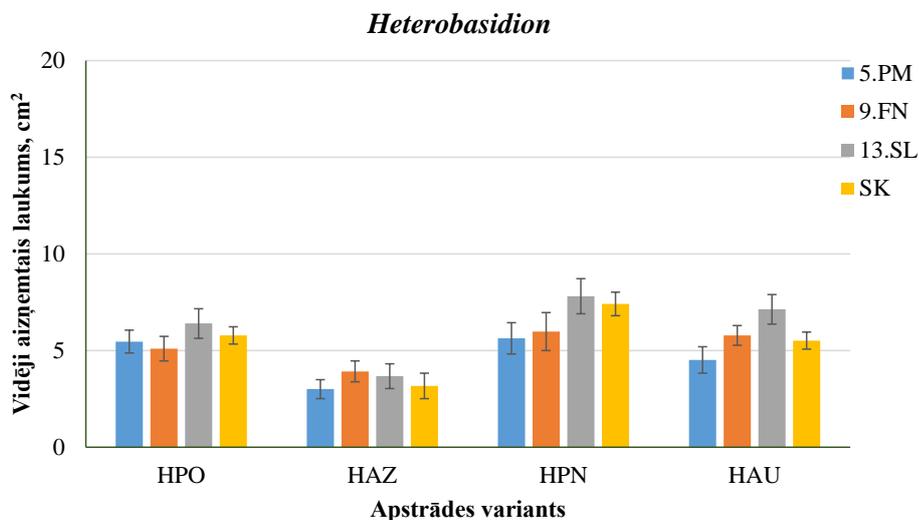
Heterobasidion izolātu vidējais augšanas ātrums (no visiem *Heterobasidion* apstrādes variantiem: HPO, HAZ, HPN, HAU) proveniencē SK bija $4,8 \pm 0,4$ mm/ dienā, 9.FN – $4,7 \pm 0,3$ mm/ dienā 5. PM – $4,4 \pm 0,1$ mm/ dienā, 13. SL – $4,4 \pm 0,5$ mm/ dienā (3.2.7. att.).



3.2.7. attēls. *Heterobasidion* izolātu vidējais augšanas ātrums četrās *P. contorta* proveniencēs (5. PM - *P. contorta* ģimene Nr. 5 proveniencē Pink Mountain, 9. FN - *P. contorta* ģimene Nr. 9 proveniencē Fort Nelson, 13. SL - *P. contorta* ģimene Nr. 13 proveniencē Summit Laken, proveniencē Skrīveri) atkarībā no apstrādes varianta.

Heterobasidion izolātu vidēji aizņemtais laukums (no visiem *Heterobasidion* apstrādes variantiem: HPO, HAZ, HPN, HAU) 6 cm dziļumā proveniencē 13. SL bija $6,3 \pm 1,0$ cm², SK – $5,5 \pm 1,0$ cm², 9.FN – $5,2 \pm 0,5$ cm², 5.PM – $4,7 \pm 0,7$ cm²; būtiskas atšķirības tika konstatētas starp proveniencēm 5.PM un 13. SL ($p < 0,05$) (3.2.8. att.). Būtiski mazāku vidēji aizņemto

laukumu 6 cm dziļumā *P. contorta* proveniencēs 9. FN, 13. SL un SK uzrādīja *Heterobasidion* izolāts HAZ, salīdzinājumā ar citiem *Heterobasidion* izolātiem.



3.2.8. attēls. *Heterobasidion* izolātu vidēji aizņemtais laukums 6 cm dziļumā četrās *P. contorta* proveniencēs (5. PM - *P. contorta* ģimene Nr. 5 provenience Pink Mountain, 9. FN - *P. contorta* ģimene Nr. 9 provenience Fort Nelson, 13. SL - *P. contorta* ģimene Nr. 13 provenience Summit Laken, provenience Skrīveri) atkarībā no apstrādes varianta.

P. gigantea attīstība bija tik sekmīga, ka tā izkonkurēja *Heterobasidion* apstrādes variantos (“Rotstop”=Het. mix un PG 182=Het. mix), kuros bedrītē tika iepilināts arī *Heterobasidion* izolātu maisījums (Het. mix). *Heterobasidion* konstatēts tikai atsevišķos blukšīšos (visās proveniencēs kopā 11 blukšīšos (17% no kopējā blukšīšu skaita) variantā “Rotstop”+Het. mix un 10 blukšīšos (17%) variantā PG 182+Het. mix).

3.2.3. Secinājumi

1. Preparāts “Rotstop” un Latvijas izcelsmes izolāts PG182 vienlīdz efektīvi ierobežo *Heterobasidion* micēlija attīstību Klinškalnu priedes koksnē.

2. *P. gigantea* labāk attīstās Klinškalnu priedes proveniencu Fort Nelson un Pink Mountain koksnē – šīs proveniencas var rekomendēt meža atjaunošanai platībās ar augstu *Heterobasidion* sporu infekcijas fonu.

3. Skrīveru provenienci raksturo vissliktākie *P. gigantea* augšanas rādītāji; *Heterobasidion* spp. micēlija aizņemtais laukums vislielākās vērtības uzrādīja Summit Lake un Skrīveru proveniencas reprezentējošā koksnē.

4. Pamatojoties uz *P. gigantea* un *Heterobasidion* augšanas rādītājiem (augšanas ātrums un aizņemtais laukums), Klinškalnu priedes proveniencas Fort Nelson un Pink Mountain ir labāk piemērotas meža atjaunošanai, ja tiek nodrošināta celmu aizsardzība pret *Heterobasidion* infekciju.

3.3. Perspektīvākās introducētās koku sugas rezistences pret sakņu trupi novērtējums

2023. gadā tika ievākti čiekuri no dažādām Klinškalnu priedes proveniencēm. Turpmākajiem pētījumiem kasetēs sagatavoti 70 stādi, kas reprezentēja provenienci Fort Nelson, 24 – Pink Mountain un 586 – Summit Lake.

4. REKOMENDĀCIJAS SAKŅU PIEPES IZRAISĪTO ZAUDĒJUMU SAMAZINĀŠANAI

4.1. *P. gigantea* attīstība trupējušā priedes koksne

Phlebiopsis gigantea dabiskā infekcija samazina priežu un egļu celmu inficētību ar *Heterobasidion* bazīdijsporām (Kenigsvalde et al., 2016). Tomēr vairāki autori atzīmē, ka dabiskās *P. gigantea* sporu fons ir nepietiekams, lai būtiski ierobežotu *Heterobasidion* sporu infekciju (Berglund & Rönnberg 2004; Anselmi et al., 2005). Tā kā veikti tikai atsevišķi pētījumi par abu sēņu izplatību celmu saknēs (Żółciak, 2007), mūsu darba mērķis bija novērtēt *P. gigantea* attīstību ar *Heterobasidion* inficētā koksne, kā arī papildus izvērtēt *Heterobasidion* micēlija saglabāšanos un izplatību.

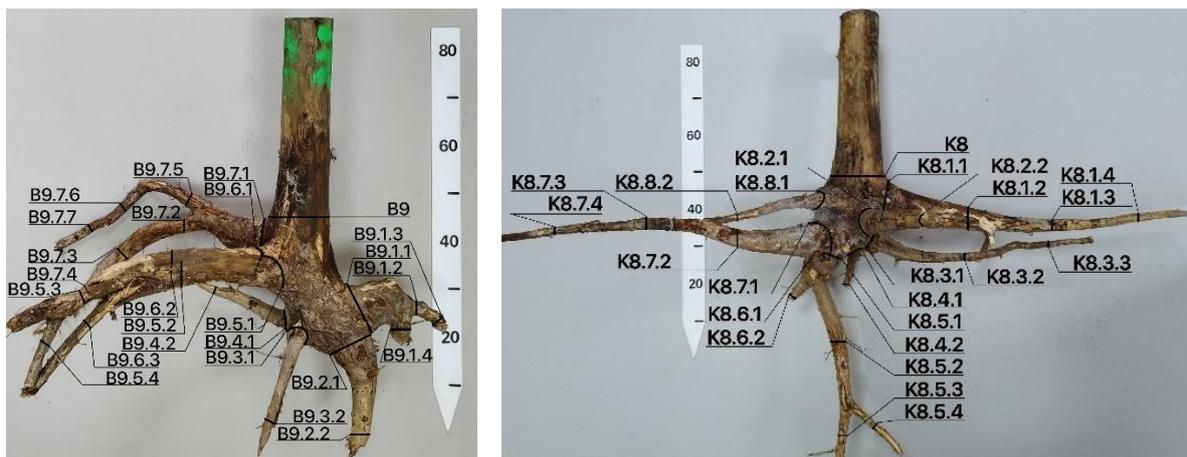
4.1.1. Materiāli un metodes

Lai ilgtermiņā novērtētu *P. gigantea* attīstību trupējušā priedes koksne, 2020. gada augustā ierīkots eksperiments divās priežu audzēs MPS Kalsnavas mežu novadā. Mežaudžu raksturojums eksperimenta ierīkošanas brīdī atspoguļots 4.1. tabulā.

4.1.1. tabula. Eksperimentā iekļauto audžu raksturojums

Audze	Kv., nog.	Vecums	Sastāva formula	Meža tips	Platība, ha	2023.gadā analizēto celmu skaits
Saltupes	93, 15	23	10P +B	Ln	1,04	19
Kandavas 2	193, 1	21	10P	Ln	1,90	6

2023. gadā atlasīti, nomarkēti, izrakti un laboratorijā analizēti 25 celmi. Desmit celmi bija 15 cm augsti un 15 celmi – 50 cm augsti. Atbilstoši sākotnējiem celmu apstrādes variantiem, septiņi no analizētajiem celmiem bija apstrādāti ar *H. annosum* izolātu (“12 *P. sylvestris*”), kas izdalīts no *P. contorta* (turpmāk tekstā *H. annosum* 1), savukārt desmit celmi – ar sakņu piepes izolātu (“V Ma15”), kas izdalīts no *P. sylvestris* (turpmāk tekstā *H. annosum* 2); analizēti arī astoņi kontroles celmi, kas netika apstrādāti ar *Heterobasidion* suspensiju (4.1.2. tabula). No katra celma sakņu kakla, sakņu resgaļa un dažādos attālumos no saknes pamatnes (atkarībā no saknes garuma un diametra) nozāģētas ripas (4.1.1. attēls). Laboratorijā ripas nomizotas, nomazgātas zem tekoša krāna ūdens un ievietotas plastmasas maisiņos inkubācijai uz septiņām dienām.

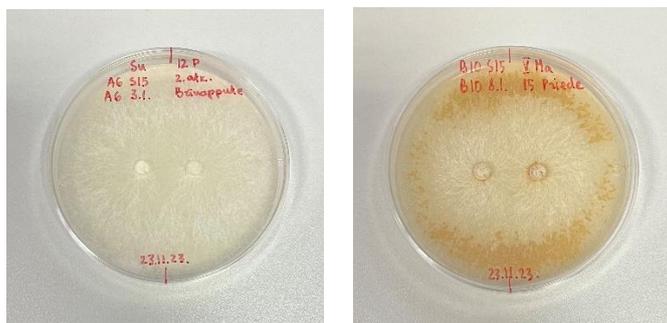


a

b

4.1.1. attēls. Analizētie celmi B9 (a) un K8 (b) ar atzīmētām zāģējuma vietām un atbilstošo koksnes paraugu numuriem.

Pēc inkubācijas *P. gigantea* un *Heterobasidion* sastopamība tika novērtēta, izmantojot stereomikroskopu Leica 205M. Konstatēto *P. gigantea* un *Heterobasidion* micēliju atzīmēja uz ripas, pārzīmēja uz caurspīdīgas plēves un aprēķināja sēņu aizņemto laukumu no ripas kopējā laukuma, kā arī analizējamo sēņu micēlija fragmentus ar sterilu pinceti pārnesa uz Hagem agara barotnes tīrkultūru izdalīšanai. Tīrkultūrā izdalītais *Heterobasidion* micēlijs salīdzināts ar celmu apstrādei lietoto izolātu (4.1.2. attēls).



a

b

4.1.2. attēls. No celmiem iegūto *Heterobasidion* izolātu salīdzināšana ar celmu apstrādē lietotajiem sēnes izolātiem *H. annosum* 1 (a) un *H. annosum* 2 (b). Abos variantos *Heterobasidion* micēliji ir saauguši, kas apstiprina, ka tie reprezentē vienu genotipu.

4.1.2. tabula. Analizētie priežu celmi.

Parauglaukums	Celma nr.	Celma H, cm	<i>Heterobasidion</i> izolāts
Kandavas	B7	15	<i>H. annosum</i> 2
Kandavas	B8	15	<i>H. annosum</i> 2
Kandavas	A4	50	<i>H. annosum</i> 1
Kandavas	A6	50	<i>H. annosum</i> 1
Kandavas	A10	50	<i>H. annosum</i> 1
Kandavas	B2	50	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	A5	15	<i>H. annosum</i> 1

Saltupes	A6	15	<i>H. annosum</i> 1
Saltupes	B2	15	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	B6	15	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	B10	15	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	K2*	15	-
Saltupes	K3	15	-
Saltupes	K9	15	-
Saltupes	A2	50	<i>H. annosum</i> 1
Saltupes	A6	50	<i>H. annosum</i> 1
Saltupes	B1	50	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	B5	50	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	B8	50	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	B9	50	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	K3	50	-
Saltupes	K4	50	-
Saltupes	K8	50	-
Saltupes	K9	50	-
Saltupes	K5	50	-

* Kontroles celmi (apstrāde nav veikta)

4.1.2. Rezultāti

Kopumā tika analizēts 861 koksnes paraugs (no viena celma 13 līdz 64, vidēji 34). Ievāktu celmu/sakņu paraugu diametrs bija robežās no 0,9 cm līdz 23,0 cm. Vidējais paraugu diametrs bija 3,2 cm.

Sakņu piepes micēlijs konstatēts 12 celmiem jeb pusei no analizētajiem celmiem: septiņos 50 cm augstos celmos un piecos 15 cm augstos celmos. Kopumā ar sakņu piepi bija inficēts 181 sakņu fragments jeb 21% no analizētajiem sakņu fragmentiem – 142 no tiem bija no 15 cm augstiem celmiem, savukārt 39 no 50 cm augstiem celmiem. No inficētajiem celmiem divi nebija sākotnēji apstrādāti ar *Heterobasidion* micēliju, savukārt no apstrādātajiem celmiem *Heterobasidion* micēlijs konstatēts piecos no septiņiem celmiem, kas apstrādāti ar *H. annosum*1 izolātu, un piecos no desmit celmiem, kas apstrādāti ar *H. annosum*2 izolātu. Celmu apstrādei lietotie sakņu piepes izolāti trīs gadus pēc eksperimenta ierīkošanas konstatēti 47% analizēto celmu jeb 8 no 17 apstrādātajiem celmiem: trijos no septiņiem celmiem, kas apstrādāti ar *H. annosum*1 micēlija suspensiju, un piecos no desmit celmiem, kas apstrādāti ar *H. annosum*2 micēlija suspensiju. Trīs no šiem celmiem bija 50 cm augsti, savukārt pieci – 15 cm augsti. Četru ar *H. annosum* micēlija suspensiju apstrādāto celmu sakņu paraugos konstatēts arī cits sakņu piepes micēlijs, kas norāda arī uz celmu dabisko infekciju analizētajās audzēs. Maksimālais sakņu piepes izaugšanas dziļums saknēs bija 1 m (15 cm augstais celms). *Heterobasidion* kā 2021. gadā (10 mēneši pēc eksperimenta ierīkošanas), tā 2022. gadā (divi gadi pēc eksperimenta ierīkošanas) konstatēts maksimāli 80 cm attālumā no sakņu kakla (15 cm augstajos celmos).

Lielā pergamentsēne *P. gigantea* konstatēta tikai 19 jeb 2% no analizētajiem sakņu fragmentiem; iegūtas septiņas tīrkultūras, kas reprezentēja vienu apstrādāto celmu un divus kontroles celmus (12% no visiem analizētajiem celmiem). Maksimālais izaugšanas dziļums, kas konstatēts lielajai pergamentsēnei, bija 40 cm; tas ir līdzīgi kā iepriekšējos gados

(2021. gadā maksimālais attālums saknēs no sakņu kakla, kur atrasta *P. gigantea* bija 30 cm, savukārt 2022. gadā – 60 cm).

4.1.3. Secinājumi

1. Trīs gadus pēc eksperimenta ierīkošanas sakņu piepes micēlijs ir sastopams 48% analizēto celmu, savukārt dabiskās lielās pergamentsēnes micēlijs – 12% analizēto celmu.
2. Lielā pergamentsēne (dabiskā infekcija) nevar konkurēt ar *Heterobasidion* micēliju priežu saknēs – sakņu piepes micēlijs sastopams saknēs pat 1 m attālumā no sakņu kakla, savukārt lielās pergamentsēnes micēlijs tikai 30 cm attālumā.
3. Sakņu piepes micēlijs 15 cm augstos celmos vairāk inficē saknes, salīdzinot ar sēnes izplatību 50 cm augstos celmos.

4.2. *P. gigantea* augļķermeņu attīstību ietekmējošie faktori un sporu izdalīšanās potenciāla novērtēšana

Lai novērtētu *P. gigantea* un *Heterobasidion* augļķermeņu sporulācijas dinamiku, laikā no 2023. gada 15. februāra līdz 20. novembrim veikts izdalīto sporu daudzuma novērtējums VD reģiona Ogres iecirknī un MPS Kalsnavas mežu novadā. Eksperimentā iekļauti 20 *P. gigantea* un 18 *Heterobasidion* augļķermeņi. Pavisam sporulācijas novērtējumam izmantoti vairāk nekā 320 Petri trauki (5. pielikums).

Heterobasidion augļķermeņu sporulācija analizēta novērtējot izdalīto sporu daudzumu atsevišķiem augļķermeņiem, vidēji 6 reizes, bet *P. gigantea* - 8 reizes. Vairumā gadījumu zem katra augļķermeņa eksponēts viens Petri trauks ar iesala-agara barotni (4.2.1. att.). Ekspozīcijas ilgums 5 – 20 minūtes, atkarībā no sporulācijas intensitātes pavasarī vai jūlijā – augustā, kad vērojama stipra sporulācijas intensitāte. Augustā veiktajos novērojumos zem atsevišķiem *P. gigantea* augļķermeņiem eksponēti divi Petri trauki, kas bija saistīts ar augļķermeņu strukturālajām izmaiņām, piemēram, atdalījusies koka miza kopā ar daļu no augļķermeņiem vai jauno augļķermeņu attīstība blakus iepriekšējā gada augļķermeņiem (Petri trauki šajā gadījumā tika novietoti 15 – 40 cm attālumā viens no otra un sporulācijas intensitāte tika vērtēta kā vidējais no diviem Petri traukiem). Sporu uzskaitē Petri traukos veikta 100x palielinājumā 30 redzes laukos. Atšķirīgais sporu daudzuma novērtējums dažādiem augļķermeņiem (1 – 15) saistīts ar to, ka augļķermeņu attīstība, kā arī sporulācijas kapacitāte, ir dinamisks process. Daļa no *P. gigantea*, kā arī *Heterobasidion* augļķermeņiem tika analizēti jau 2022. gadā un šajā sezonā tie zaudēja vitalitāti, savukārt vairāki *P. gigantea* augļķermeņi, kas pavasarī ļoti aktīvi izdalīja sporas, sākoties sausuma periodam, pārstāja sporulēt, un sporu daudzuma novērtējums tika pārtraukts, taču pēc lietus perioda iepriekš minētie augļķermeņi atsāka sporulēt, tāpēc atkārtoti tika iekļauti eksperimentā. Atsevišķos gadījumos sporu uzskaitē veikta tikai vienu reizi, lai pārbaudītu augļķermeņu vitalitāti, un pēc sporu uzskaites secināts, ka augļķermeņiem ir izmainījusies krāsa vai konstatētas strukturālas izmaiņas, tāpēc atkārtota sporu uzskaitē nav veikta. Līdz ar to daļa no sākotnēji analizētajiem *Heterobasidion* un *P. gigantea* augļķermeņiem novērojumu laikā tika izslēgti no eksperimenta, bet to vietā izvēlēti citi augļķermeņi.



A



B



C



D



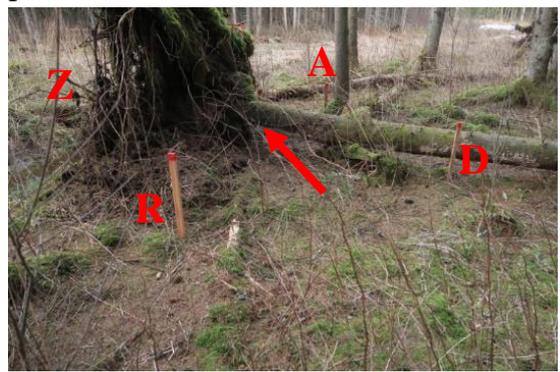
E



F



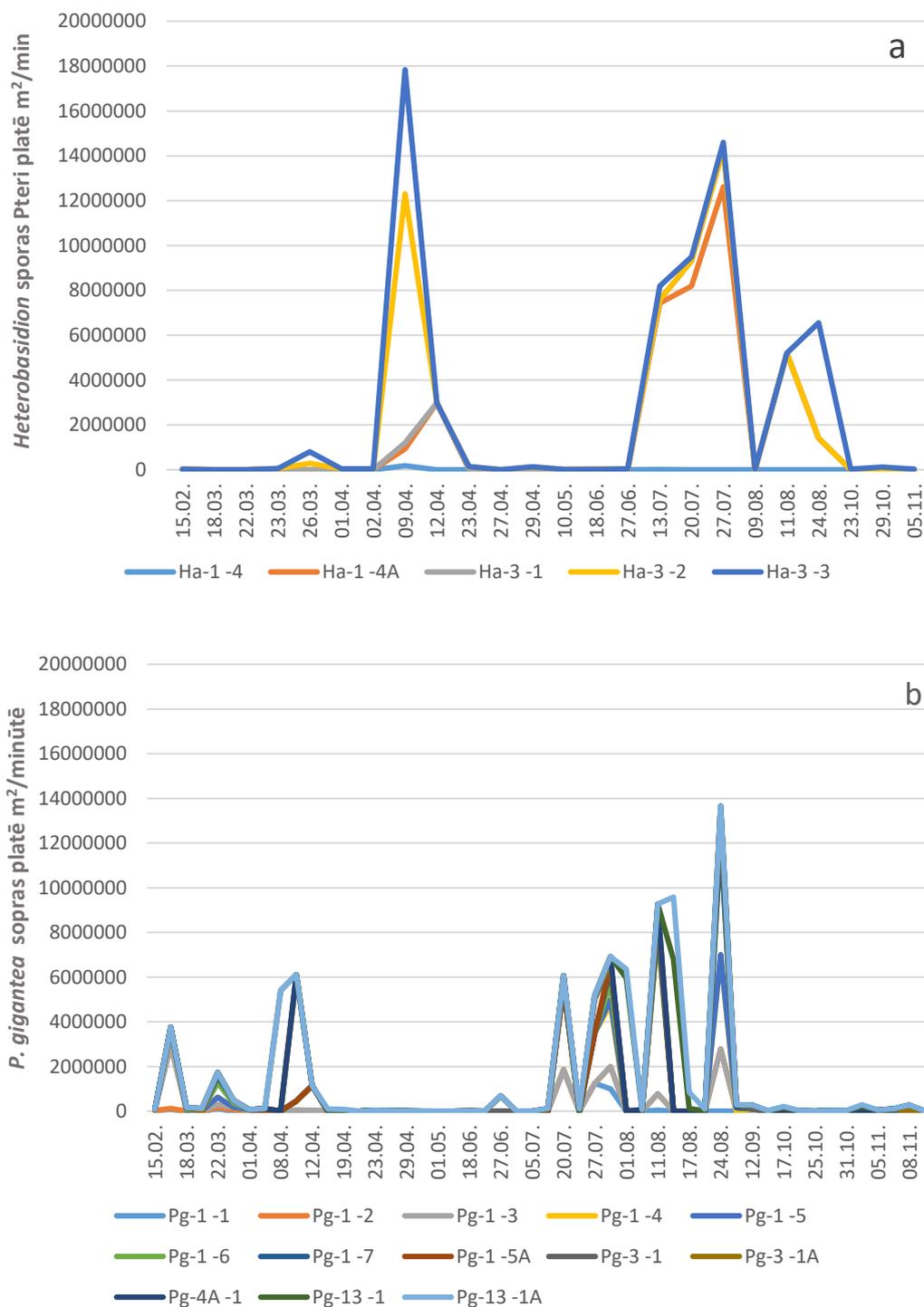
G



H

4.2.1. attēls. *P. gigantea* / *Heterobasidion* spp. sporulācijas intensitātes un lielās pergamentsēnes sporulācijas gradienta novērtējums. A – *P. gigantea* augļķermenis PG1-5A-1, B – *P. gigantea* augļķermenis PG1-5, C – *Heterobasidion* augļķermenis H1-2, D – *Heterobasidion* augļķermenis H1-4A, E – *Heterobasidion* augļķermenis H3-3, F – *P. gigantea* augļķermenis PG4A-1, G – izžuvuši *P. gigantea* augļķermeņi (PG4A-2), H – *P. gigantea* sporulācijas gradienta novērtējums MPS Kalsnavas mežu novadā – eksperimentā iekļautie augļķermeņi PG13 un PG13A lokalizēti uz izgāztas egles sakņu kakla un stumbra pamata (norāde ar bultu).

Iegūtie dati liecina, ka gan *Heterobasidion* spp., gan *P. gigantea* sporulāciju raksturo divi maksimumi: aprīļa un jūlija-augusta mēnešos (4.2.2. attēls). Atšķirībā no *Heterobasidion* aktīva *P. gigantea* sporulācija sākas jau februāra mēnesī, neskatoties uz sniega apstākļiem – izšķirošais ir temperatūra un mitrums.



4.2.2. attēls. *Heterobasidion* (a) un *P. gigantea* (b) augļķermeņu sporulācija. Ha-1-4 ... Ha-3-3 – sporu daudzuma uzskaitē zem dažādiem *Heterobasidion* augļķermeņiem. Pg-1-1 ... Pg-13-1A - sporu daudzuma uzskaitē zem dažādiem *P. gigantea* augļķermeņiem.

Sporu daudzuma novērtējums liecina, ka marta-aprīļa mēnešos *Heterobasidion* un *P. gigantea* izdalīto sporu daudzums, rēķinot uz 1 m² / min ir 847434 pret 236591; jūlija-augusta mēnešos: 3146755 pret 1105476, bet septembra-oktobra mēnešos – 96247 pret 40595. Iegūtie dati apstiprina 2022. gada pētījuma rezultātus, ka *Heterobasidion* izdalīto sporu daudzums vairākas reizes pārsniedz *P. gigantea* producēto sporu daudzumu – šī gada eksperimentā vidēji 2,8 reizes.

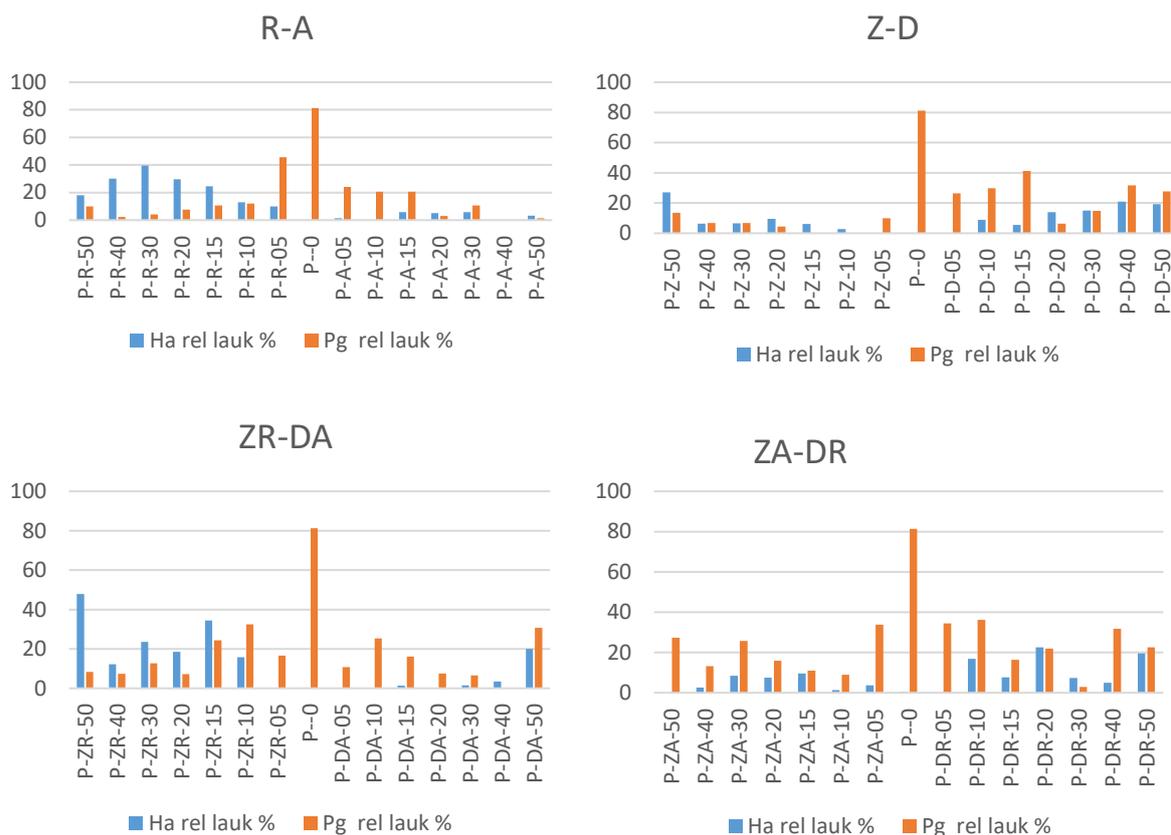
Heterobasidion augļķermeņu sastopamība tika novērtēta arī 2022. gadā ierīkotajos 12 parauglaukumos: visos parauglaukumos VD reģiona Ogres iecirknī un 6., 7., 9., 11. parauglaukumā MPS Kalsnava Mežu novada teritorijā ierīkotajos parauglaukumos. Visos minētajos parauglaukumos 100 m rādiusā no sporu uzskaites transektu centra konstatēti aktīvi sporulējoši augļķermeņi. Tuvāk (apt. 40 m attālumā) augļķermeņi fiksēti 1., 3., 4. parauglaukumā VD reģiona Ogres meža iecirknī.

Lai analizētu *P. gigantea* sporulācijas gradientu, eksperimentā tika iekļauti lielās pergamentsēnes augļķermeņi PG13-1 un PG13-A (4.2.1. tabula). Skuju koku ripas 19. aprīlī eksponētas zem augļķermeņiem, kā arī 2, 10, 20, 30 un 40 metru attālumā ziemeļu (Z), ziemeļaustrumu (ZA), austrumu (A), dienvidaustrumu (DA), dienvidu (D), dienvidrietumu (DR), rietumu (R) un ziemeļrietumu (ZR) virzienos. Savukārt 1. maijā, 22. augustā un 19. septembrī ripas eksponētas 5, 10, 15, 20, 30, 40 un 50 metru attālumā Z, ZA, A, DA, D, DR, R un ZR virzienos. Skuju koku ripas 31. oktobrī eksponētas 2, 5, 10, 20 un 40 metru attālumā austrumu, rietumu, ziemeļu un dienvidu virzienos. Eksperimentā 19. aprīlī izmantotas 44 egles un 44 priedes ripas, bet 01.05, 22.08. un 19. septembrī katrā eksperimentā - 60 priedes ripas, 31. oktobrī – 42 priedes ripas. Metodikas izmaiņas (attālums no augļķermeņa) saskaņotas, konsultējoties ar kolēģiem no Turīnas universitātes (prof. Paolo Gonthier).

4.2.1. tabula. MPS Kalsnava Mežu novada 13. parauglaukumā analizētās ripas / apsekojuma reizes.

Datums	Ripu sk mežā (suga)	Ripas kontrolei
19.04	44 (P) 44(E)	10 (P) 10(E)
01.05	60 (P)	5 (P)
22.08	60 (P)	15 (P)
19.09	60 (P)	15 (P)
31.10	42 (P)	15 (P)

19. aprīlī, 22. augustā, 19. septembrī un 31. oktobrī *Heterobasidion* un *P. gigantea* infekcija konstatēta tikai atsevišķos analizētajos transektu virzienos (6. pielikums). Aktīva *P. gigantea* sporulācija konstatēta 1. maija eksperimentā (4.2.3. attēls).



4.2.3. attēls. *Heterobasidion* sp. un *P. gigantea* sporulācijas gradients.

(y ass – micēlija relatīvā sastopamība % priedes ripās; x ass – R, A, Z, D, ZR, DA, ZA, DR – analizētie virzieni; 0 ... 50 attālums no *P. gigantea* auglķermeņa metros); Ha – *Heterobasidion*; Pg – *P. gigantea*.

Iegūtie dati apstiprina iepriekšējā gada pētījuma rezultātus, ka *Heterobasidion* izteikta infekcija konstatēta 10-20 m attālumā no *P. gigantea* auglķermeņa, savukārt *P. gigantea* sporu infekcija priedes ripās konstatēta 50 m attālumā no auglķermeņa. Šie dati atšķiras no *Heterobasidion* sporulācijas gradienta novērtējuma, kur konstatēts būtisks infekcijas samazinājums 5–10 m attālumā no auglķermeņa (Brūna et al., 2021).

Heterobasidion un *P. gigantea* mijiedarbība analizēta 9 parauglaukumos (7 no tiem iepriekšējā gada parauglaukumi, bet divi ierīkoti 2023. gadā MPS Kalsnavas mežu novadā). 13. jūlijā, 2. augustā un 31 oktobrī parauglaukumos egļu audzēs ar atšķirīgu *P. gigantea* un *Heterobasidion* fonu tika izliktas 330 priedes ripas (4.2.2. tabula). Katrā parauglaukumā izliktas 15 ripas, izmantojot Gonthier et al. (2001) modificētu metodiku; ripas eksponētas 24 stundas.

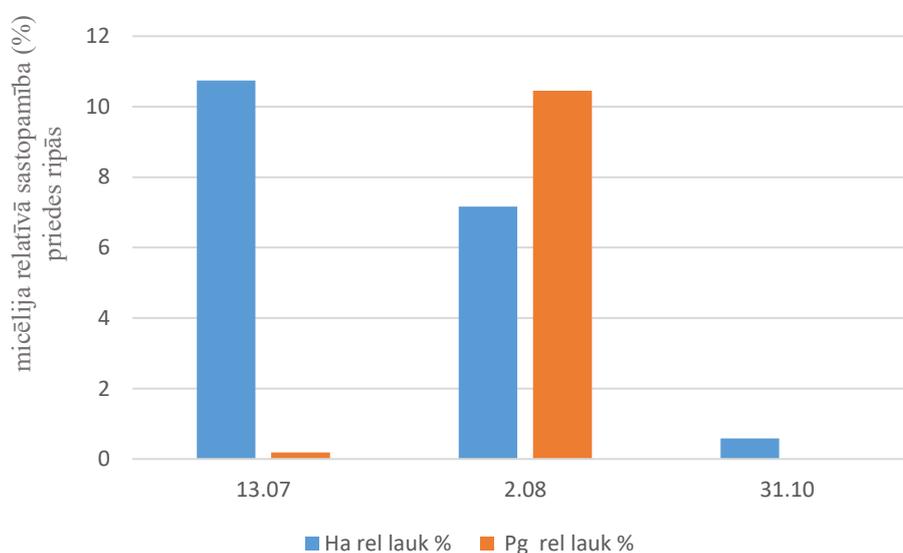
4.2.2. tabula. *Heterobasidion* (Ha) un *P. gigantea* (Pg) micēlija vidējais relatīvais aizņemtais laukums ripās (%) deviņos parauglaukumos MPS Kalsnavas mežu novadā.

Pauglaukumi	13. jūlijs *	13. jūlijs	2. augusts	2. augusts	31. oktobris	31. oktobris
	Ha %	Pg %	Ha %	Pg %	Ha %	Pg %
6	15,75	1,33	2,45	2,37		
7	14,73	0	6,54	0,67	1,36	0
8	4,04	0	8,84	11,09		
9	7,36	0	19,46	13,86		

10	12,94	0	6,14	19,65	0,65	0
11	9,86	0	0,55	40,94		
12	21,68	0,32	13,53	4,17		
14	3,03	0	1,245	0	0,10	0
15	7,27	0	5,73	1,33	0,21	0
Vidēji	10,74	0,18	7,16	10,45	0,58	0
Kontrole	0,24	0	1,09	0	0,21	0

* Ripu ekspozīcijas datums sporu infekcijas novērtēšanai.

Aktīva *Heterobasidion* sporulācija atzīmēta jūlija mēnesī, taču *P. gigantea* daudz intensīvāk sporulē augusta mēnesī un šajā mēnesī, salīdzinājumā ar jūliju, septiņos no deviņiem parauglaukumiem *Heterobasidion* relatīvais laukums analizētajās priedes ripās ir samazinājies (4.2.2. tabula), kas liecina, ka dabiskā *P. gigantea* ierobežo *Heterobasidion* attīstību skuju koku koksnē (4.2.4. attēls).



4.2.4. att. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* sporu infekcija deviņos parauglaukumos MPS Kalsnavas mežu novadā jūlija - oktobra mēnešos. (Ha – *Heterobasidion*; Pg – *P. gigantea*).

Līdzīgi rezultāti iegūti arī iepriekš LVMI Silava veiktajos pētījumos (Kenigvalde et al. 2016). *Heterobasidion* / *P. gigantea* infekcijas novērtējums MPS Kalsnavas parauglaukumos atspoguļo *Heterobasidion* vs. *P. gigantea* atsevišķo augļķermeņu sporulācijas dinamiku (4.2.2. attēls). Jāatzīmē, ka 11. parauglaukumā arī 2022. gada eksperimentā atzīmēta visaugstākā infekcija ar *P. gigantea*, tikai 2023. gadā *P. gigantea* aktīva sporulācija novērota augustā, bet 2022. gadā – oktobra sākumā.

4.2.1. Secinājumi

1. *Heterobasidion* izdalīto sporu daudzums veģetācijas periodā divas līdz trīs reizes pārsniedz *P. gigantea* izdalīto sporu daudzumu.
2. *P. gigantea* jauno augļķermeņu veidošanās konstatēta jūlija – augusta mēnešos.
3. Atšķirībā no *Heterobasidion*, *P. gigantea* raksturo tālāks sporulācijas gradients (vismaz līdz 50 m attālumam no augļķermeņa).

4.3. Eksperimentālajos stādījumos izdalīt rezistentāko priežu provenienču/ ģimeņu ģenētisko materiālu priežu audzēs

Iepriekšējo pētījumu dati no priežu brīvapputes pēcnācēju pārbaudēm Latvijā liecina, ka priedes uzņēmība pret sakņu piepi ir atkarīga no iedzimtības (Rieksts-Riekstiņš et al. 2020). Tāpēc 2021. gadā atlasītas trīs parastās priedes vidēja vecuma audzes - starptautiskās ģeogrāfiskās kultūras un viena jaunaudze - lai analizētu dažādu provenienču uzņēmību pret sakņu piepi.

4.3.1. Materiāls un metodes

2023. gadā šī uzdevuma ietvaros atkārtoti apsekots eksperimentālais priežu stādījums MPS Kalsnavas mežu novadā 210. kvartāla 10. nogabalā un divi vidēja vecuma priežu brīvapputes pēcnācēju stādījumi Zvirgzdē un Bārtā (4.3.1. tabula).

4.3.1. tabula. 2023. gadā analizēto parastās priedes provenienču un ģimeņu stādījumu raksturojums

Parauglaukums	Atrašanās vieta	Vecums, gadi	Platība, ha
Bārta	56.3788, 21.2094	48	3,5
Zvirgzde	56.6794, 24.4369	48	3
Kalsnava 2	56.6838, 25.9940	7	15

Bārtas un Zvirgzdes parauglaukumos *H. annosum* klātbūtne noteikta, novērtējot koku vainagu stāvokli, kā arī, analizējot auglķermeņu sastopamību un paņemot koksnes paraugus. MPS stādījumā Kalsnava 2 veikta paraugu ievākšana, nozāģējot kalnušos kociņus izdalītajos *Heterobasidion* infekcijas centros. Atzīmēta kalnušo kociņu atrašanās vieta, kā arī veiktas piezīmes, vai pie sakņu kakla sastopami sakņu piepes auglķermeņi. No kalnušajiem kokiem paņemtas apmēram 3 cm biezas ripas iespējami tuvāk sakņu kaklam, kā arī sakņu piepes auglķermeņi, ja tie konstatēti. Ripas nogādātas LVMI Silava, kur veikta paraugu turpmākā analīze un paraugi uzglabāti + 4°C temperatūrā.

Ievāktās ripas nomizotas, nomazgātas ar birsti zem tekoša krāna ūdens un ievietotas polietilēna maisos, atstājot maisu galus vaļā, lai nodrošinātu tajos gaisa cirkulāciju. Ripas inkubētas 5–7 dienas istabas temperatūrā. Ja pēc inkubēšanas uz ripas virsmas konstatētas sakņu piepes konīdijas, tās ar liesmā sterilizētu pinceti pārnestas uz barotnes, lai izdalītu tīrkultūras.

No paraugiem, kas ievākti no neliela diametra kociņiem (<1 cm) vai no stipri sadalījušās koksnes, atsevišķas koksnes skaidas uzreiz uzliktas uz Hagem agara barotnes, lai no tām tiešā veidā izdalītu sakņu piepes micēliju. Ja pie koksnes paraugiem bija sakņu piepes auglķermeņi ar diametru lielāku par 2 cm, arī no tiem mēģināja tiešā veidā izolēt *Heterobasidion* micēliju.

4.3.2. Rezultāti

Kopumā analizētajos stādījumos konstatēti 698 kalnuši koki (4.3.2. tabula), no kuriem 348 jeb 25% konstatēta sakņu piepes infekcija (inficētie koki veidoja 18% no kalnušajiem

kokiem Bārtas stādījumā, 38% – Zvirgzdes un 53% – Kalsnavas). Sakņu piepes micēliju tīrkultūrā izdevies izolēt no 227 paraugiem.

4.3.2. tabula. *Heterobasidion* infekcijas raksturojums 2023. gadā analizēto parastās priedes provenienču un ģimeņu stādījumos.

Parauglaukums	Kaltušie koki	Ar <i>Heterobasidion</i> spp inficēti koki	Izdalītās <i>Heterobasidion</i> tīrkultūras
Bārta	49	9	7
Zvirgzde	42	16	15
Kalsnava 2	607	323	205

Turpmākajā darbā paredzēta iegūto *Heterobasidion* izolātu salīdzināšana, izmantojot somatiskās saderības testu (Stenlid, 1985), lai noskaidrotu patogēna genotipu robežas.

BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

- Anselmi, N., Cellerino, G. P., Nicolotti, G. 1994. Investigations on forest trees resistance to *Armillaria* spp. In: Johannson, M. and Stenlid, J. (eds), Proceedings of the Eight IUFRO International Conference on Root and Butt Rots, Sweden/Finland, August 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp.17-22.
- Arhipova, N., Gaitnieks, T., Donis, J., Stenlid, J., Vasaitis, R. 2011. Butt rot incidence, causal fungi, and related yield loss in *Picea abies* stands of Latvia. *Canadian Journal of Forest Research*, 41: 2337–2345.
- Baumgartner, K., Coetzee, M. P. A., Hoffmeister, D. 2011. Secrets of the subterranean pathosystem of *Armillaria*. *Molecular Plant Pathology*, 12 (6): 515 – 534.
- Bejarano, A., Puopolo, G. 2020. Bioformulation of Microbial Biocontrol Agents for a Sustainable Agriculture. In: De Cal, A., Melgarejo, P., Magan, N. (eds) How Research Can Stimulate the Development of Commercial Biological Control Against Plant Diseases. Progress in Biological Control, vol 21. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53238-3_16
- Bejarano, A., Puopolo, G. 2020. Bioformulation of Microbial Biocontrol Agents for a Sustainable Agriculture. In: De Cal, A., Melgarejo, P., Magan, N. (eds) How Research Can Stimulate the Development of Commercial Biological Control Against Plant Diseases. Progress in Biological Control, vol 21. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53238-3_16
- Berglund, M., Rönnerberg, J. 2004. Effectiveness of treatment of Norway spruce stumps with *Phlebiopsis gigantea* at different rates of coverage for the control of *Heterobasidion*. *Forest Pathology*, 34(4): 233–243.
- Berglund, M., Rönnerberg, J., Holmer, L., Stenlid, J. 2005. Comparison of five strains of *Phlebiopsis gigantea* and two *Trichoderma* formulations for treatment against natural *Heterobasidion* spore infections on Norway spruce stumps. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20: 12–17.
- Biradar P., Santhosh, G.P. 2018. Cell protectants, adjuvants, surfactant and preservative and their role in increasing the shelf life of liquid inoculant formulations of *Pseudomonas fluorescens*. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 6(4): 116-122 <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.6821>
- Biradar P., Santhosh, G.P. 2018. Cell protectants, adjuvants, surfactant and preservative and their role in increasing the shelf life of liquid inoculant formulations of *Pseudomonas fluorescens*. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 6(4): 116-122 <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.6821>
- Blenis, P. V. 2000. Post-spacing mortality of lodgepole pine from *Armillaria* root disease. *Forest Chronicle* 76 (5): 753-757.
- Brūna, L., Lione, G., Kenigšvalde, K., Burņeviča, N., Zaļuma, A., Kļaviņa, A., Gaitnieks, T., Gonthier, P. 2021. Inferences on susceptibility of wood of different tree species to *Heterobasidion annosum* sensu lato primary infections and the range of pathogen spores dispersal. *Forests*, 12, 854. <https://doi.org/10.3390/f12070854>
- Buša I. 2020. Celmenes *Armillaria* spp. sastopamība parastās egles (*Picea abies* (L.) H. Karst) koksnē. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības Universitāte: 67. lpp.
- Cook, D. B. 1961. Shoestring fungus and planted larch on cutover land. *J. For.* 59: 824-826.
- Côte, E., Dessureault, M. 1994. Effects of site factors on the occurrence of *Armillaria* root rot disease in black spruce (*Picea mariana* Mill. (B.S.P.)) seed orchards. In: Johannson, M. and Stenlid, J. (eds), Proceedings of the Eight IUFRO International Conference on Root and Butt Rots, Sweden/Finland, August 1993. Swedish University of Agricultural

- Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 592-596.
- Entry, J. A., Cromack, K., Jr., Hasen, E., Waring, R. 1991. Response of western coniferous seedlings to infection by *Armillaria ostoyae* under limited light and nitrogen. *Phytopathology* 81:89-94.
- Entry, J. A., Martin, N. E., Kelsey, R. G., Cromack, K. Jr. 1992. Chemical constituents in root bark of five species of western conifer saplings and infection by *Armillaria ostoyae*. *Phytopathology* 82: 393-397.
- Filip, G. M., Maffei, H., Chadwick, K. L., Max, T. A. 2008. Ten-year effects of silvicultural treatments on tree growth and mortality caused by *Armillaria ostoyae* in south-central Oregon, USA. In: Garbelotto, M., Gonthier, P. (eds.). Proceedings of 12th International Conference on Root and Butt rots, Berkley, California Medford, Oregon, 12-19 August 2007, pp. 216-220.
- Gaitnieks, T., Arhipova, N., Donis, J., Stenlid, J., Vasaitis, R. (2008). Butt rot incidence and related losses in Latvian *Picea abies* (L.) Karst. stands. – In: Proceedings of 12th International Conference on Root and Butt rots, Berkley, California Medford, Oregon, 12-19 August 2007, 177–179.
- Gaitnieks, T., Bruna, L., Zaluma, A., Burnevica, N., Klavina, D., Legzdina, L., Jansons, J., Piri, T. 2021. Development of *Heterobasidion* spp. fruit bodies on decayed *Picea abies*. *Forest Ecology and Management*, 482, 118835. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118835>
- Gaitnieks, T., Brūna, L., Burņeviča, N., Kenigšvalde, K., Kļaviņa, D., Zaļuma, A. 2019. Sakņu trupe egļu audzēs: saimnieciskie zaudējumi, trupi izraisīto sēņu bioloģija un izplatības ierobežošana. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava". Vienvecuma egļu meži Latvijā. Red. Jansons J. Daugavpils: Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds "Saule": 153 – 194.
- Gerlach, J. P., Reich, P. B., Puettmann, K., Baker, T. 1997. Species, diversity, and density affect tree seedling mortality from *Armillaria* root rot. *Can. J. For. Res.* 27: 1509-1512.
- Gonthier, P., Garbelotto, M., Varese, G. C., & Nicolotti, G. (2001). Relative abundance and potential dispersal range of intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed forests. *Canadian Journal of Botany*, 79, 1057–1065.
- Greig, B.J.W., Gibbs, J.N., Pratt, J.E. 2001. Experiments on the susceptibility of conifers to *Heterobasidion annosum* in Great Britain. *For. Path.* 31(4): 219-228. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.2001.00239.x>
- Guillaumin, J. J., Legrand, P. 2013 *Armillaria* root rots. In: Gonthier, P. (eds.). Infectious forest diseases: 159 – 177.
- Helmisaari H-S, Siltala T. 1989. Variation in nutrient concentrations of *Pinus sylvestris* stems. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 443-451.
- Hintikka V. 1974. Notes on the ecology of *Armillariella mellea* in Finland. *Karstenia* (14): 12–31.
- Jaatinen K., Laiho R., Vuorenmaa A., Castillo U. D., Minkkinen K., Pennanen T., Penttilä T., Fritze H. 2007. Responses of aerobic microbial communities and soil respiration to water-level drawdown in a northern boreal fen. *Environmental Microbiology*, 10 (2): 339–353.
- Jacobsen, R. M., Kauserud, H., Sverdrup-Thygeson, A., Bjorbækmo, M. M., & Birkemoe, T. 2017. Wood-inhabiting insects can function as targeted vectors for decomposer fungi. *Fungal Ecology*, 29: 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.06.006>
- Karlman, M. 1986. Damage to *Pinus Contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Studia forestalia Suecica* 176: 42.
- Kenigšvalde K., Brauners I., Korhonen K., Zaļuma A., Mihailova A., Gaitnieks T. 2016. Evaluation of the biological control agent “Rotstop” in controlling the infection of spruce and pine stumps by *Heterobasidion* in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*,

- 31(3): 254-261. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1085081>
- Kļaviņa D, Lione G, Kenigšvalde K, Pellicciaro M, Muižnieks I, Silbauma L, Jansons J, Gaitnieks T, Gonthier P. Host-associated Intraspecific Phenotypic Variation in the Saprobic Fungus *Phlebiopsis gigantea*. *Microbial Ecology*. 2023 Jan 28. doi: 10.1007/s00248-023-02176-z.
- Klein-Gebbinck, H. W., Blenis, P. V. 1991. Spread of *Armillaria ostoyae* in juvenile lodgepole pine stands in west central Alberta. *Can. J. For. Res.* 21: 20-24.
- Korhonen K., Piri T. 2003. How to regenerate Norway spruce on sites infested by *Heterobasidion*? – In: Thomsen, I. M.(ed.) *Forest health problems in older forest stands. Proceedings of the Nordic/Baltic forest pathology meeting, Denmark, September 2002.* Danish Centre for Forest, Landscape and Planning Reports 13: 21 – 29.
- Kurkela, T. 2000. Transmission of *Heterobasidion* root rot to planted Scots pine and Siberian larch after clear cut of infected pine forest. *Metsanduslikud Uurimused* 2000 34:30-34.
- Kuznetsov I, Ruchai N. 2018. Technology of biologics for the protection of forests on the basis of mushroom *phlebiopsis gigantea* with deep cultivation on alcohol stillage. *MOJ Biol Med.* 3(34):127–130. <https://doi.org/10.15406/mojbm.2018.03.00087>.
- Kwaśna, H. 2001. The effect of soil/root microfungi on *Armillaria* rhizomorph formation. In: Laflamme, G., Bérubé, J. A., Bussièrès, G. (eds.). *Root and butt rots of forest trees. Proceedings of the 10th International Conference on Root and Butt Rots, September 16-22, 2001, IUFRO Working Party 7.02.01, Quebec City.* Canadian Forest Service, Information Report LAU-X-126, pp. 113-116.
- Laine, L., 1976. The occurrence of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. in woody plants in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 90 (3): 1–53.
- Łakomy, P., Cieślak, R. 2004. *Armillaria ostoyae* disease development in scots pine plantations in the first 10 years after planting. In: Mańka M, Łakomy P. (eds.). *Proceedings of the 11th IURFO conference on root and butt rots of forest trees; 2004 Aug 16–22; Poznań, Poland.* Poznań: The August Cieszkowski Agricultural University. pp. 321-325.
- Legzdina, L., Spungis, V., Burnevica, N., Gaitnieks, T., & Menkis, A. 2021. Invertebrates in fruitbodies of *Heterobasidion* spp., infected *Picea abies* logs and adjacent soil. *Forests*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/f12081100>
- Lewis, J.A. 1991. Formulation and delivery systems of biocontrol agents with emphasis on fungi. In: Keister, D.L., Cregan, P.B. (eds) *The Rhizosphere and Plant Growth. Beltsville Symposia in Agricultural Research, vol 14.* Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3336-4_55
- Lygis, V. 2005. *Root Rot in North-Temperate Forest Stands: Biology, Management and Communities of Associated Fungi.* Doctor's dissertation. ISSN 1652-6880, ISBN 91-576-7003-X
- Lobo, C.B., Juárez Tomás, M.S., Viruel, E., Ferrero, M.A., Lucca, M.E. 2019. Development of low-cost formulations of plant growth-promoting bacteria to be used as inoculants in beneficial agricultural technologies. *Microbiological Research*, 219:12-25. doi: 10.1016/j.micres.2018.10.012.
- Lukstiņa D. L. 2017. *Celmeņu Armillaria spp. dzīvotspēja un patogenitāte Latvijas izcelsmes priežu Pinus sylvestris un egļu Picea abies stādos.* Rīga: Latvijas Universitāte, 51.
- Lunde, L. F., Boddy, L., Sverdrup-Thygeson, A., Jacobsen, R. M., Kauserud, H., & Birkemoe, T. 2023. Beetles provide directed dispersal of viable spores of a keystone wood decay fungus. *Fungal Ecology*, 63, 101232. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2023.101232>
- Mallett, K. I., Maynard, D. G. 2001. Effects of nutrients on *Armillaria* root disease in greenhouse-grown lodgepole pine (*Pinus contorta*). In: Laflamme, G., Bérubé, J. A., Bussièrès, G. (eds.). *Root and butt rots of forest trees. Proceedings of the 10th International Conference on Root and Butt Rots, September 16-22, 2001, IUFRO*

- Working Party 7.02.01, Quebec City. Canadian Forest Service, Information Report LAU-X-126, pp. 85-92.
- Mallett, K. I., Maynard, D.G., Myrholm, C. L. 2001 The role of soil moisture content in Armillaria root disease. In: Laflamme, G., Bérubé, J. A., Bussièrès, G. (eds.). Root and butt rots of forest trees. Proceedings of the 10th International Conference on Root and Butt Rots, September 16-22, 2001, IUFRO Working Party 7.02.01, Quebec City. Canadian Forest Service, Information Report LAU-X-126, pp. 130.
- Mallett, K. I., Volney, W. J. A. 1999. The effect of Armillaria root disease on lodgepole pine tree growth. *Can. J. For. Res.* 29: 252-259.
- Mascarin, G.M.; Jaronski, S.T. 2016 The Production and Uses of Beauveria Bassiana as a Microbial Insecticide. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 32, 177. doi:10.1007/s11274-016-2131-3.
- Morrison, D. J., Wallis, G. W., Weir, L. C. 1988. Control of Armillaria and Phellinus root diseases: 20-year results from the Skimikin stump removal experiment. *Can. For. Serv., Pacific Forestry Centre, Information Report BC-X-302*, 16 pp.
- Mugala, M. S., Blenis, P. V., Hiratsuka, Y., Mallett, K. I. 1989. Infection of lodgepole pine and white spruce by Alberta isolates of Armillaria. *Can. J. For. Res.* 19: 658-689.
- Müller, M. M., Heinonen, J., & Korhonen, K. 2007. Occurrence of Heterobasidion basidiocarps on cull pieces of Norway spruce left on cutting areas and in mature spruce stands. *Forest Pathol.*, 37(6): 374–386.
- Murray, M. P., Leslie, A. 2021. Climate, radial growth, and mortality associated with conifer regeneration infected by root disease (Armillaria ostoyae). *The Forestry Chronicle.* 97(01): 43-51. <https://doi.org/10.5558/tfc2021-006>
- Oliva, J., Thor, M., Stenlid, J. 2010. Long-term effects of mechanized stump treatment against Heterobasidion annosum root rot in Picea abies. *Canadian Journal of Forest Research*, 40: 1020-1033.
- Omdal, D. W., Shaw, C. G. III, Jacobi, W. R., Wager, T. C. 1995. Variation in pathogenicity and virulence of isolates of Armillaria ostoyae on eight tree species. *Plant Disease* 79: 939-944.
- Ono, K. 1970. Effect of soil conditions on the occurrence of Armillaria root rot of Japanese larch. *Bull. For. Exp. Stat. Meguro, Tokyo*, 229: 123-219. (Jap, Eng)
- Piri T, Hamberg L. 2015. Persistence and infectivity of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce root residuals following stump harvesting. *For Ecol Manag.* 353:45–58.
- Pratt, J.E., Niemi, M., Sierota Z.H. 2000. Comparison of three products based on *Phlebiopsis gigantea* for the control of *Heterobasidion annosum* in Europe. *Biocontrol Science and Technology*, 10(4): 467–477. <https://doi.org/10.1080/09583150050115052>
- Prospero, S., Holdenrieder, O., Rigling, D. 2001 Virulence of Armillaria cepistipes and Armillaria ostoyae isolates on Norway spruce seedlings. In: Laflamme, G., Bérubé, J. A., Bussièrès, G. (eds.). Root and butt rots of forest trees. Proceedings of the 10th International Conference on Root and Butt Rots, September 16-22, 2001, IUFRO Working Party 7.02.01, Quebec City. Canadian Forest Service, Information Report LAU-X-126, pp. 370-374.
- Redfern, D. B. 1978. Infection by Armillaria mellea and some factors affecting host resistance and the severity of disease. *Forestry* 51: 121-135.
- Rieksts-Riekstiņš, R., Zeltiņš, P., Baliuckas, V., Bruna, L., Zaluma, A., & Kapostiņš, R. 2020. *Pinus sylvestris* breeding for resistance against natural infection of the fungus *Heterobasidion annosum*. *Forests*, 11(1): 1–10.
- Rishbeth, J. 1963. Stump protection against *Fomes annosus* III. Inoculation with *Peniophora gigantea*. *Annals of Applied Botany*, 52(1): 63-77. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1963.tb03728.x>

- Robinson, R. M., Morrison, D. J. 1994 Resistance mechanisms of *Larix occidentalis* (Western larch) to *Armillaria ostoyae*. In: Johannson, M. and Stenlid, J. (eds), Proceedings of the Eight IUFRO International Conference on Root and Butt Rots, Sweden/Finland, August 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 26-33.
- Robinson, R. M., Morrison, D. J. 2001. Lesion formation and host response to infection by *Armillaria ostoyae* in the roots of western larch and Douglas-fir. *For. Path.* 31: 371-385.
- Robinson, R. M., Morrison, D. J., Jensen, G. D. 2004. Necrophylactic peridermformation in the roots of western larch and Douglas-fir trees infected with *Armillaria ostoyae*. II. The response to the pathogen. *For. Path.* 34: 119-129.
- Rönnberg, J., Vollbrecht, G. 1999. Early infection by *Heterobasidion annosum* in *Larix x eurolepis* seedlings planted on infested sites. *European Journal of Forest Pathology*, 29(1): 81–86.
- Roswanjaya, Y.P., Saryanah, N.A. and Devy, L. 2022, Conidia Production of *Beauveria Bassiana* in Solid Substrate Fermentation Using a Biphasic System. First Asian PGPR Indonesian Chapter International e-Conference 2021, KnE Life Sciences, 648–663. <https://doi.org/10.18502/kl.v7i3.11169>
- Sala, A.; Barrena, R.; Artola, A.; Sánchez, A. 2019. Current Developments in the Production of Fungal Biological Control Agents by Solid-State Fermentation Using Organic Solid Waste. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 49: 655–694. doi:10.1080/10643389.2018.1557497.
- Sala, A.; Vittone, S.; Barrena, R.; Sánchez, A.; Artola, A. 2021. Scanning Agro-Industrial Wastes as Substrates for Fungal Biopesticide Production: Use of *Beauveria Bassiana* and *Trichoderma Harzianum* in Solid-State Fermentation. *J. Environ. Manage*, 295. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113113.
- Schütt, P., Schuck, H. J., Lautenschlager, K., Prestle, W., & Stimm, B. 1979. *Fomes annosus* sporocarps – their abundance on decayed logs left in the forest. *Eur. J. For. Pathol.*, 9(1): 57–61.
- Seibt, G., Bergel, D., Winkler, U. 1971. Early growth and correlation between damage and growth in different provenances of European Larch. *Allg. Forst-u. Jagdztg.* 1971 142 (2): 47–59.
- Shaw, C.G., Kile, G.A. (eds.) 1991. *Armillaria* root disease. USDA Forest Service. Agriculture Handbook No. 691, Washington, D.C.: 233 pp.
- Smeltere K. 2022. Celmeņu *Armillaria spp.* sastopamība parastās egles *Picea abies* audzēs kūdreņos. Rīga: Latvijas Universitāte, 53 lpp.
- Stenlid, J. (1985). Population structure of *Heterobasidion annosum* as determined by somatic incompatibility, sexual incompatibility, and isoenzyme patterns. *Canadian Journal of Botany*, 63, 2268–2273.
- Stenlid, J., Wästerlund, I. 1986. Estimating of frequency of stem rot in *Picea abies* using an increment borer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1(1-4): 303-308.
- Sun, H., Korhonen, K., Hantula, J., Kasanen, R. (2009). Variation in properties of *Phlebiopsis gigantea* related to biocontrol against infection by *Heterobasidion* spp. in Norway spruce stumps. *Forest Pathology*, 39, 133–144.
- Suzuki, K., Fukuda, K., Shiga, Y., Matsushita, N., Terashita, T. 1994 Identification of Japanese biological species of *Armillaria* by isozyme patterns. In: Johannson, M. and Stenlid, J. (eds), Proceedings of the Eight IUFRO International Conference on Root and Butt Rots, Sweden/Finland, August 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 376-382.
- Teixidó, N.; Usall, J.; Torres, R. 2022 Insight into a successful development of biocontrol agents: production, formulation, packaging, and shelf life as key aspects. *Horticulturae*, 8, 305. doi: 10.3390/horticulturae8040305

- Thorpe, K.; Webber J.F. 200. Optimisation of a biological control agent for *Heterobasidion annosum* in the UK. In: Mańka M., Lakomy P., editors. Proceedings of the 11th IURFO conference on root and butt rots of forest trees; 2004 Aug 16–22; Poznań, Poland. Poznań: The August Cieszkowski Agricultural University. pp. 433–440.
- Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I.M., Barklund, P., Dahlberg, A. 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica*, 42(3): 457–483.
- Virtanen, V.; Nyyssölä, A.; Leisola, M.; Seiskari, P. 2008b. An Aseptically Operatable Static Solid State Bioreactor Consisting of Two Units. *Biochem. Eng. J.*, 39: 594–597. doi:10.1016/j.bej.2007.12.001.
- Virtanen, V.; Nyyssölä, A.; Vuolanto, A.; Leisola, M.; Seiskari, P. 2008a. Bioreactor for Solid-State Cultivation of *Phlebiopsis gigantea*. *Biotechnol. Lett.*, 30: 253–258. doi:10.1007/s10529-007-9538-8
- Vollbrecht, G., Johansson, U., Eriksson, H., Stenlid, J. 1995. Butt rot incidence, yield and growth pattern in a tree species experiment in southwestern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 76: 87–93.
- Wahlström, K. T., Barklund, P. 1994. Spread of *Armillaria* spp. and *Heterobasidion annosum* in Norway spruce exposed to drought, irrigation and fertilization. In: Johansson, M. and Stenlid, J. (eds), Proceedings of the Eight IUFRO International Conference on Root and Butt Rots, Sweden/Finland, August 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 582-591.
- Webber, J., Thorpe, K. 2003. Potential for biological control of *Heterobasidion annosum* in the UK using Rotstop. Ottawa, Canada: Canadian Forest Service, 16 – 22 September 2001. In Proceedings of the 10th IUFRO Conference on Root and Butt Rots of Forest Trees, pp. 221 – 225.
- Winkler, U. 1973. Planting trails with *Larix laricina* in Lower Saxony. *Allgemeine Forst and Jagdzeitung* 144: 25-31.
- Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. 1998. *Heterobasidion annosum* : biology, ecology, impact, and control. CAB International.
- Zaļuma, A., Muižnieks, I., Gaitnieks, T., Burņeviča, N., Jansons, Ā., Jansons, J., Stenlid, J., Vasaitis, R. 2019. Infection and spread of root rot caused by *Heterobasidion* spp. in *Pinus contorta* plantations in Northern Europe: three case studies. *Canadian Journal of Forest Research*, 49(8): 969–977. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0507>
- Żółciak, A. (2007). Scots pine stumps inoculation with *Phlebiopsis gigantea* biological preparations. *Leśne Prace Badawcze*, 2, 77–94. (In Polish with English abstract).
- Василяускас, А. 1989. Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов. Вильнюс, 175 с.

PIELIKUMI

1. pielikums

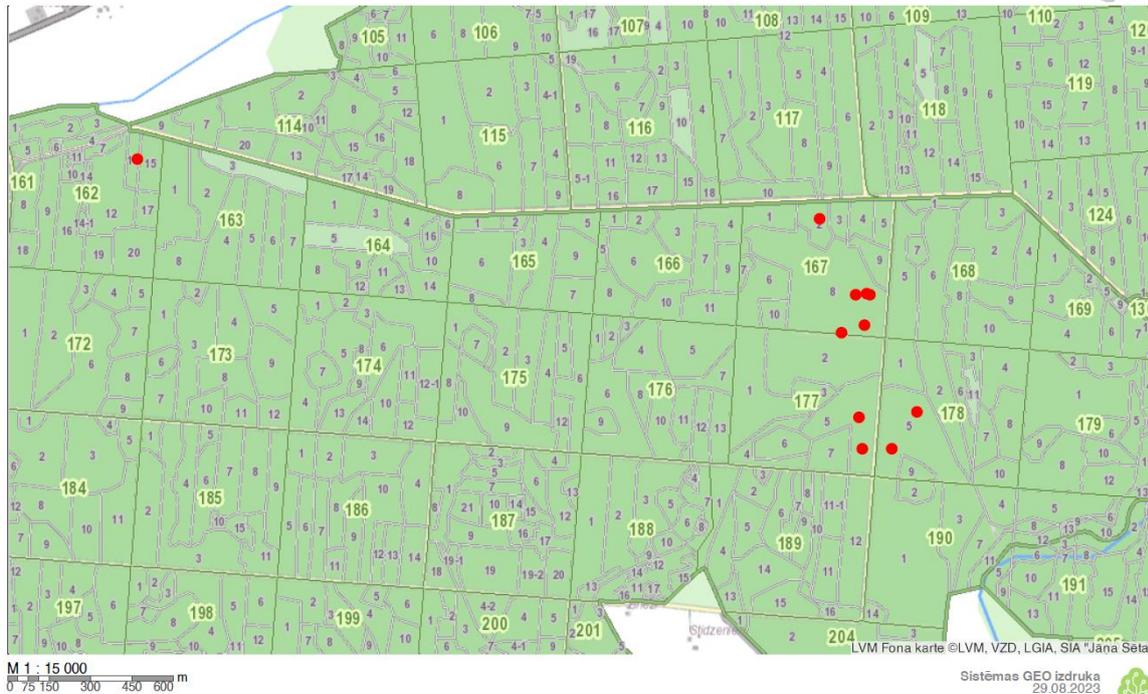
Heterobasidion sastopamības novērtēšanai 2023. gadā apsektās vidēja vecuma priežu audzes

Audzis atslega	AA T	BO N	Sugas sastāvs	Plat. ha	Tran- sekšu skaits	Kaltuši koki transektēs	Koki ar Heterob. augļk.	Heterob. izdalīts lab.
201-260-14	Ln	II	10P56 +E51	0,761	3	6	1	
202-479-18	Ln	I	10P55 +E55 B55	2,035	8	2		
202-85-31	Dm	I	10P57 +E57 B57	1,437	2	0		
203-166-7	Ln	Ia	10P45	1,203	4	9	2	
203-38-34	Ln	I	10P47 +E47 B47	0,413	2	0		
203-42-2	Ln	Ia	10P43	0,9	2	1		
213-158-3	Ln	II	10P57	1,328	4	32		1
213-164-1	Ln	I	10P57 ats E57	2,275	2	11	1	
213-347-3	Mr	I	10P50 +E50	1,304	2	0		
213-348-3	Dm	I	10P51	1,068	7	2		1
213-389-23	Dm	Ia	10P55	0,687	3	5	2	
701-271-11	Mr	III	10P55 +B45	2,033	9	3		
701-271-9	Mr	IV	10P57 +E57 B57	1,229	2	0		
702-104-13	Mr	III	10P53	1,371	5	8		
704-17-44	Mr	III	10P52 +B49	1,464	3	29		
704-38-10	Ln	II	10P56 +E53 E74	1,05	2	1		
704-58-2	Mr	III	10P50	0,325	2	0		
705-48-5	Ln	I	10P39	0,639	2	19	9	1
707-4-3	Mr	II	10P47 +B47	3,655	13	15		
708-373-11	Mr	III	10P49	1,138	2	11		
709-260-11	Mr	II	10P54	1,014	3	0		
710-125-24	Ln	I	10P55 +B55 E55	1,734	4	1		
710-269-29	Ln	II	10P52 +E52	2,491	7	3		
713-109-1	Mr	III	10P56	1,361	2	4		
713-52-20	Mr	II	10P57 +E57	0,37	1	1		
805-249-25	Ln	Ia	10P43	0,382	3	3		

2. pielikums

Logu slazdu izvietojums parauglaukumos bezmugurkaulnieku daudzveidības novērtējumam trupējušā koksņē

501.kvartālapgabals



3. pielikums

T. abietinum augšans ātruma novērtējums (tabulā uzrādīts izolāta aizņemtais laukums mm² konkrētajā mērījuma dienā). * -micēlijs aizņēmis pilnu Petri trauku.

Izolāts \ datums	6.11	8.11	10.11	13.11	15.11	17.11	21.11	24.11	27.11	29.11
TR-1	213	637	1270	2171	3124	3823	5521	5973	5751	5989
TR-3	86	265	706	1321	1908	2440	3902	4832	5458	5421
TR-5	127	468	1079	1947	2856	3567	5213	6273	6359*	
TR-6	94	301	642	1166	1762	2459	4009	5450	6040	6222
TR-19	72	320	806	1667	2353	2971	4037	5673	6315	6359
TR-21	107	269	621	1170	1675	2365	3726	4852	5619	5780
BT-C	63	163	526	1287	2160	2964	4841	6012	6359	
TR-25	61	128	296	706	1367	1918	2992	3575	3790	4178
TR-23	110	709	1517	2577	3607	4514	5635	5979	6039	6195
TR-24	85	425	929	2060	3200	3910	5596	6308	6359	
TR-2	69	220	515	1135	2029	2710	4594	5628	6347	6359
TR-4	58	108	224	461	862	1332	2836	4184	5420	4042
TR-7	64	154	420	1052	1769	2550	4162	5236	5807	5857
TR-8	66	144	373	1101	1902	2717	4291	5691	6359	
TR-9	73	155	483	1101	1979	2873	4775	6018	6109	6359
TR-12	55	307	821	1625	2583	3534	5566	6161	6359	
TR-15	58	204	637	1697	2582	3619	5197	5611	6359	
TR-16	51	100	168	322	698	1214	2870	4329	5535	6214
TR-20	58	283	716	1539	2185	3059	4896	6275	6285	6359
TR-22	57	185	438	940	1584	2170	3416	4839	5330	3434
TR-ZA	76	381	1007	2119	3040	3937	5678	6281	6359	
PA.K2.P1	97	264	579	1164	1858	2771	3959	4818	5474	6119
PA.K4.P1	45	71	105	137	235	352	677	922	1201	1493
12.K1.P3	65	211	556	1102	1633	2063	2743	3112	3298	3416
12.K1.P9	61	211	526	1116	2017	2788	4478	5654	6110	6359
12.K3.P3	58	294	855	1665	2486	3051	4042	5508	5492	5473
12.K3.P8	343	806	1392	2060	2932	3452	4652	5352	6188	6359
PA.K1.P1	64	262	533	1047	1681	2292	4014	5345	5919	6266
PA.K3.P2	71	315	699	1465	2430	3393	5053	5863	6161	6359
11.K1.P1	57	256	632	1270	1822	2475	3549	4263	4823	5242
12.K2.P5	100	376	971	2062	3118	3980	5385	6019	6206	6310
V4	60	294	848	1678	2633	3952	5760	6359		
V6	108	375	875	1741	2614	3443	5664	6359		
V8	65	344	962	1984	3050	4098	5693	6359		

4. pielikums

Antagonisma novērtējums 10 *T. abietinum* izolātiem pret pieciem *H. annosum* un pieciem *H. parviporum* izolātiem. *- pārauguma zonas vidējais pieaugums milimetros vienā dienā.

<i>T. abietinum</i> X <i>H. annosum</i>			<i>T. abietinum</i> X <i>H. parviporum</i>		
TR	HA	mm/d	TR	HP	mm/d*
TR1	HAZ	0,86	TR1	HPO	0,99
TR1	HAU	0,64	TR1	HPN	0,75
TR1	HA51	0,93	TR1	S121K	0,45
TR1	V Ma 15	0,54	TR1	SR49	0,98
TR1	12.2.PB	0,94	TR1	SR98.3.2	1,00
TR3	HAZ	1,02	TR3	HPO	0,83
TR3	HAU	0,58	TR3	HPN	0,50
TR3	HA51	1,04	TR3	S121K	0,37
TR3	V Ma 15	0,22	TR3	SR49	1,04
TR3	12.2.PB	1,05	TR3	SR98.3.2	1,02
TR5	HAZ	0,85	TR5	HPO	0,36
TR5	HAU	0,29	TR5	HPN	0,06
TR5	HA51	0,68	TR5	S121K	0,14
TR5	V Ma 15	0,25	TR5	SR49	0,96
TR5	12.2.PB	0,52	TR5	SR98.3.2	0,74
TR6	HAZ	0,51	TR6	HPO	0,82
TR6	HAU	0,59	TR6	HPN	0,18
TR6	HA51	0,77	TR6	S121K	0,93
TR6	V Ma 15	0,00	TR6	SR49	0,82
TR6	12.2.PB	0,35	TR6	SR98.3.2	0,65
TR19	HAZ	0,84	TR19	HPO	0,59
TR19	HAU	0,55	TR19	HPN	0,39
TR19	HA51	0,71	TR19	S121K	0,75
TR19	V Ma 15	0,62	TR19	SR49	0,99
TR19	12.2.PB	0,78	TR19	SR98.3.2	0,98
TR21	HAZ	0,47	TR21	HPO	0,31
TR21	HAU	0,27	TR21	HPN	0,44
TR21	HA51	0,68	TR21	S121K	0,13
TR21	V Ma 15	0,45	TR21	SR49	0,32
TR21	12.2.PB	0,39	TR21	SR98.3.2	0,34
BT-C	HAZ	0,40	BT-C	HPO	0,92
BT-C	HAU	0,53	BT-C	HPN	0,48
BT-C	HA51	0,73	BT-C	S121K	0,46
BT-C	V Ma 15	0,36	BT-C	SR49	0,90
BT-C	12.2.PB	0,73	BT-C	SR98.3.2	0,64
TR23	HAZ	0,56	TR23	HPO	0,55
TR23	HAU	0,40	TR23	HPN	0,60
TR23	HA51	0,67	TR23	S121K	1,00
TR23	V Ma 15	0,11	TR23	SR49	0,53
TR23	12.2.PB	0,10	TR23	SR98.3.2	0,36
TR24	HAZ	0,80	TR24	HPO	1,00
TR24	HAU	0,97	TR24	HPN	0,47
TR24	HA51	1,15	TR24	S121K	0,63
TR24	V Ma 15	0,08	TR24	SR49	1,09
TR24	12.2.PB	0,97	TR24	SR98.3.2	1,15
TR25	HAZ	0,63	TR25	HPO	0,56
TR25	HAU	0,49	TR25	HPN	0,35
TR25	HA51	0,69	TR25	S121K	0,78
TR25	V Ma 15	0,06	TR25	SR49	1,01
TR25	12.2.PB	0,71	TR25	SR98.3.2	0,61

5. pielikums

***P. gigantea* un *Heterobasidion* sporulācijas novērtējums Petri traukos**

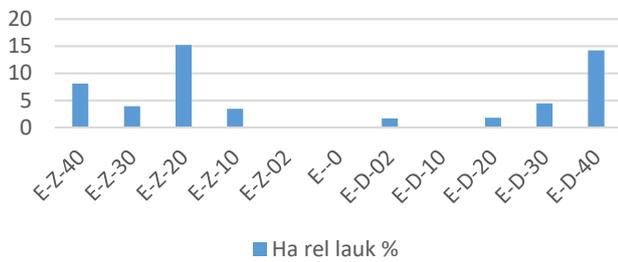
Vieta	Suga	PL	Augļķ.	ID	Cik reizes apsekots
Ogre	Ha	1	2	Ha-1 -2	5
Ogre	Ha	1	4	Ha-1 -4	7
Ogre	Ha	1	5	Ha-1 -5	4
Ogre	Ha	1	2As	Ha-1 -2As	4
Ogre	Ha	1	3A	Ha-1 -3A	6
Ogre	Ha	1	3AB	Ha-1 -3AB	2
Ogre	Ha	1	3ABC	Ha-1 -3ABC	3
Ogre	Ha	1	4A	Ha-1 -4A	14
Ogre	Ha	1	5s	Ha-1 -5s	3
Ogre	Pg	1	1	Pg-1 -1	13
Ogre	Pg	1	2	Pg-1 -2	11
Ogre	Pg	1	3	Pg-1 -3	10
Ogre	Pg	1	4	Pg-1 -4	19
Ogre	Pg	1	5	Pg-1 -5	9
Ogre	Pg	1	6	Pg-1 -6	12
Ogre	Pg	1	7	Pg-1 -7	11
Ogre	Pg	1	1B	Pg-1 -1B	1
Ogre	Pg	1	5A	Pg-1 -5A	8
Ogre	Pg	1	5A1	Pg-1 -5A1	1
Ogre	Pg	1	5B	Pg-1 -5B	4
Ogre	Pg	1	5B1	Pg-1 -5B1	3
Ogre	Ha	2	1	Ha-2 -1	3
Ogre	Ha	2	2	Ha-2 -2	1
Ogre	Ha	2	3	Ha-2 -3	7
Ogre	Pg	2	1	Pg-2 -1	4
Ogre	Pg	2	2	Pg-2 -2	3
Ogre	Ha	3	1	Ha-3 -1	11
Ogre	Ha	3	2	Ha-3 -2	9
Ogre	Ha	3	3	Ha-3 -3	16
Ogre	Ha	3	3A	Ha-3 -3A	4
Ogre	Ha	3	Fons	Ha-3 -Fons	3
Ogre	Pg	3	1	Pg-3 -1	13
Ogre	Pg	3	3	Pg-3 -3	4
Ogre	Pg	3	1A	Pg-3 -1A	11
Ogre	Trihaptum	3	Tr	Trihaptum-3 -Tr	3
Ogre	Pg	4	1	Pg-4 -1	3
Ogre	Ha	4A	1	Ha-4A -1	7
Ogre	Ha	4A	2	Ha-4A -2	7

Ogre	Pg	4A	1	Pg-4A -1	14
Ogre	Pg	4A	2	Pg-4A -2	8
Ogre	Pg	4A	3	Pg-4A -3	5
Ogre	Pg	4A	2A	Pg-4A -2A	3
Kalsnava	Pg	13	1	Pg-13 -1	14
Kalsnava	Pg	13	1A	Pg-13 -1A	17
Kalsnava	Pg	13	Fons	Pg-13 -Fons	1

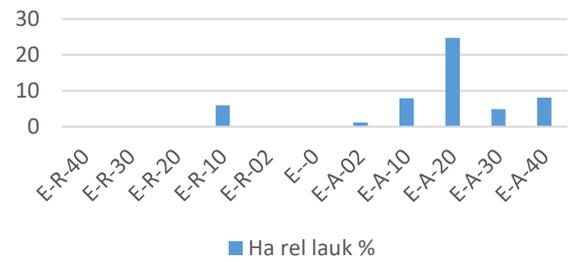
6. pielikums

***Heterobasidion* (Ha) un *P. gigantea* (Pg) infekcija 19. aprīlī, 22. augustā, 19. septembrī un 31. oktobrī izvietotajās ripās (infekcija konstatēta tikai atsevišķos analizētajos transektu virzienos).**

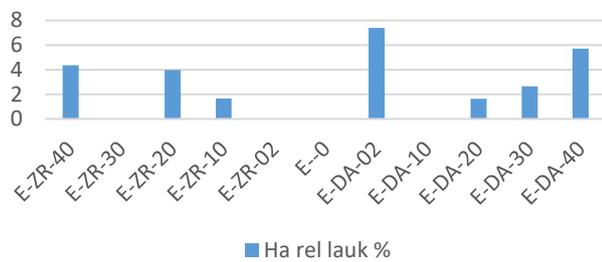
19.04 Z-D Egle



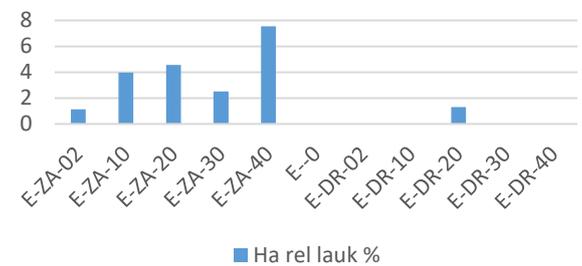
19.04 R-A Egle



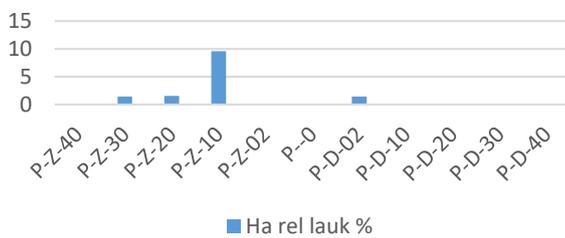
19.04 ZR-DA Egle



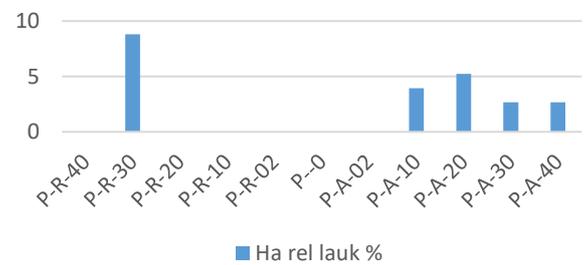
19.04 ZA-DR Egle



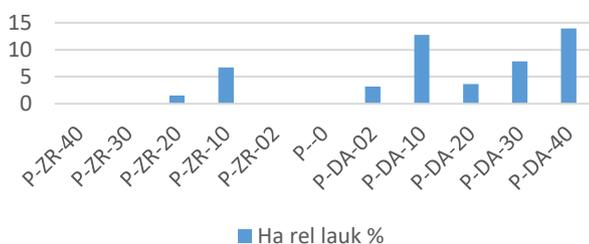
19.04 Z-D Priede



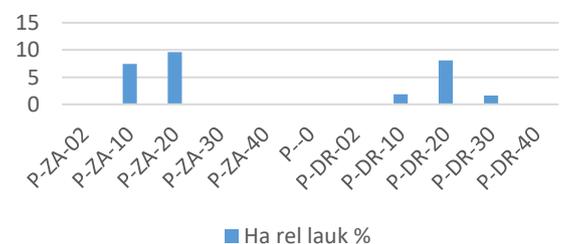
19.04 R-A Priede



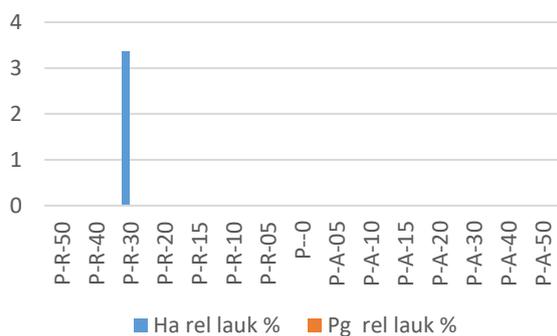
19.04 ZR-DA Priede



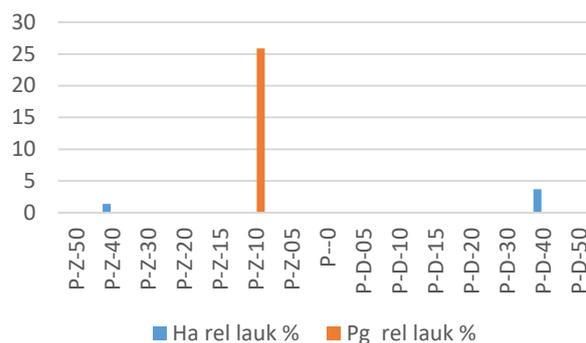
19.04 ZA-DR Priede



22.08* R-A Priede

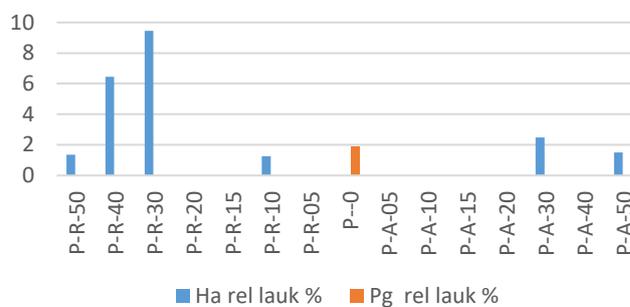


22.08* Z-D Priede

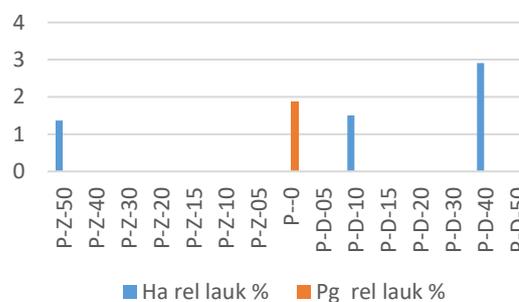


* 22.08 no auglķermeņa ZR, DA, ZA un DR virzienos izvietotajām ripām ne *Heterobasidion*, ne *P. gigantea* infekcija netika konstatēta.

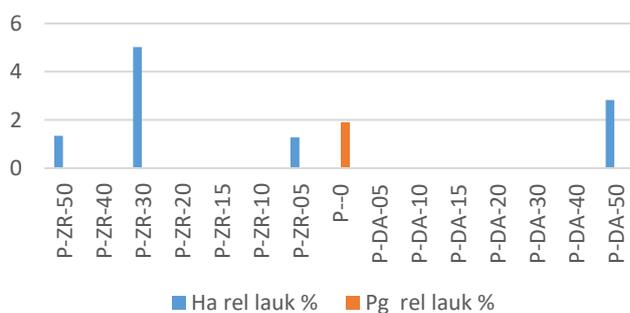
19.09 R-A Priede



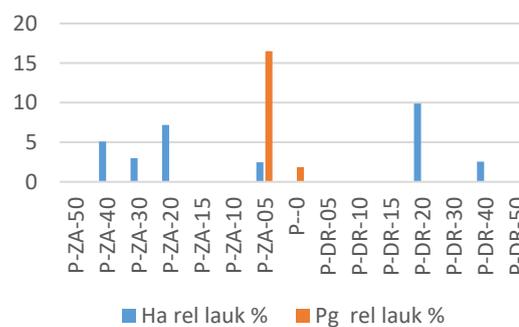
19.09. Z-D Priede



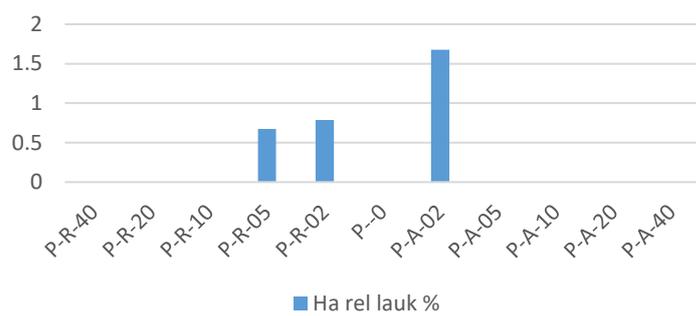
19.09 ZR-DA Priede



19.09. ZA-DR Priede



31.10.* R-A Priede



* 31.10. no augļķermeņa Z un D virzienos izvietotajām ripām ne *Heterobasidion*, ne *P. gigantea* infekcija netika konstatēta.