



PĀRSKATS  
PAR PĒTĪJUMA 2022. 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:

Dr. 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, 2022

## SATURS

<b>SATURS</b> .....	<b>2</b>
<b>TABULU SARAKSTS</b> .....	<b>4</b>
<b>ATTĒLU SARAKSTS</b> .....	<b>5</b>
<b>KOPSAVILKUMS</b> .....	<b>7</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>8</b>
<b>IEVADS</b> .....	<b>9</b>
<b>1. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBA SKUJU KOKU AUDZĒS</b> .....	<b>12</b>
1.1. Sakņu piepes sastopamība vidēja vecuma priedes audzēs .....	12
1.2. <i>Armillaria</i> spp. sugu sastopamība egles audzēs mežos ar kūdras un minerālaugsnēm .....	13
1.2.1. Materiāli un metodes .....	16
1.2.2. Rezultāti .....	21
1.2.3. Secinājumi .....	30
1.3. <i>Heterobasidion</i> micēlija saglabāšanās inficētos egles sakņu fragmentos, stādu inficēšanās no trupējušiem sakņu fragmentiem .....	30
1.3.1. Secinājumi .....	31
1.4. Stādījumu monitorings celmu izstrādes parauglaukumos .....	31
1.4.1. Metodika .....	32
1.4.2. Rezultāti .....	32
1.5. Dažāda augstuma mazo dimensiju celmu ietekme uz trapes izplatību sastāva kopšanas cirtēs .....	33
1.6. Sagatavota zinātniskā publikācija .....	33
<b>2. ALTERNATĪVA CELMU APSTRĀDES PREPARĀTA IZSTRĀDE LĪDZ ŠIM PIELIETOTAJAM ROTSTOP, TĀ EFEKTIVITĀTES NOVĒRTĒJUMS</b> .....	<b>34</b>
2.1. Somijā ražotā preparāta Rotstop efektivitātes monitorings un vietējo <i>P. gigantea</i> izolātu pārbaude.....	34
2.1.1. Materiāls un metodes .....	34
2.1.2. Rezultāti .....	35
2.1.3. Secinājumi .....	37
2.2. Citu celmus kolonizējošo sēņu izmantošanas potenciāla novērtējums bioloģisko preparātu efektivitātes uzlabošanā - <i>Trichaptum abietinum</i> un <i>Hypholoma</i> spp. nozīme sakņu piepes ierobežošanā .....	37
2.2.1. Materiāls un metodes .....	38
2.2.3. Secinājumi .....	50
2.3. Izstrādāt alternatīvu preparātu Somijā ražotajam līdzeklim Rotstop .....	50
<b>3. SAKŅU TRUPI IZRAISOŠO SĒŅU POPULĀCIJU STRUKTŪRA UN DINAMIKA ILGTSPĒJĪGAS MEŽSAIMNIECĪBAS PRAKSĒ PERSPEKTĪVO INTRODUCĒTO KOKU SUGU MEŽAUDZĒS</b> .....	<b>52</b>
3.1. Informācija par Klinškalnu priedes <i>Pinus contorta</i> un lapegles <i>Larix</i> sp. uzņēmību pret celmeni un sakņu piepi .....	52
3.2. Sakņu trapes izplatīšanās ātrums perspektīvākajām introducēto koku sugām .....	55
3.2.1. Secinājumi .....	57
<b>4. REKOMENDĀCIJAS SAKŅU PIEPES IZRAISĪTO ZAUDĒJUMU SAMAZINĀŠANAI</b> .....	<b>57</b>
4.1. <i>P. gigantea</i> attīstība trupējušā priedes koksne .....	57
4.1.1. Materiāli un metodes .....	58
4.1.2. Rezultāti .....	58
4.1.3. Secinājumi .....	61
4.2. Bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitāte un ietekme uz koksni kolonizējošām sēnēm .....	62
4.2.1. Secinājumi .....	62

<b>4.3. Veikt <i>P. gigantea</i> augļķermeņu attīstību ietekmējošo faktoru un sporu izdalīšanās potenciāla novērtēšanu .....</b>	<b>63</b>
4.3.1. Materiāls un metodes .....	63
4.3.2. Rezultāti .....	67
4.3.3. Secinājumi .....	73
<b>4.4. Priedes provinenču/ģimeņu rezistences novērtējums ar <i>Heterobasidion</i> inficētā platībā .....</b>	<b>73</b>
<b>4.5. Noskaidrot koksnes endofītu lomu skuju koku rezistencē pret sakņu trupi izraisošām sēnēm, t.sk. veikt egļu stumbra analīzi, lai izvērtētu dažādu <i>Neonectria fuckeliana</i> izolātu izraisītos bojājumus. ...</b>	<b>73</b>
4.5.1. Eksperimenta dizains un koksnes paraugu ievākšana .....	74
4.5.2. <i>N. fuckeliana</i> izraisītās stumbra brūces .....	75
4.5.4. Secinājumi .....	79
<b>BIBLIOGRĀFISKAIS SARAĶSTS .....</b>	<b>80</b>
<b>Kopsavilkums .....</b>	<b>92</b>

## TABULU SARAKSTS

1.1. tabula. Pētījumā iekļauto audžu raksturojums. ....	18
1.2. tabula. Augsnes paraugu skaits ar/bez rizomorfām analizētajos parauglaukumos. ....	21
1.3. tabula. Rizomorfu morfoloģisko parametru vidējās vērtības ( $\pm$ standartnovirze) analizētajos parauglaukumos. ....	21
1.4. tabula. Rizomorfu paraugos noteiktās <i>Armillaria</i> spp. sugas. ....	23
1.5. tabula. <i>Armillaria</i> spp. sastopamību ietekmējošie faktori parauglaukumos. ....	25
1.6. tabula. Ievākto skuju koku stādu un sakņu fragmentu raksturojums. ....	29
1.7. tabula. Pētījumu objektu raksturojums. ....	31
1.8. tabula. Koku vitalitāte pētījumu objektos. ....	31
2.1. tabula. <i>P. gigantea</i> izolātu laboratorijas rādītāji. ....	34
2.2. tabula. Sēņu antagonisms pret <i>Heterobasidion</i> dabisko infekciju skuju koku ripās. ....	42
2.3. tabula. <i>P. gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> vidējais relatīvi aizņemtais laukums apstrādes variantos. ....	43
2.4. tabula. Analizēto sēņu efektivitāte pret <i>Heterobasidion</i> sporu infekciju egles un priedes blūķīšos. ....	44
2.5. tabula. Analizēto sēņu efektivitāte pret <i>Heterobasidion</i> sporu infekciju. ....	46
4.1. tabula. Eksperimentā iekļauto audžu raksturojums. ....	55
4.2. tabula. Analizētie priežu celmi. ....	57
4.3. tabula. <i>Heterobasidion annosum</i> (HA) un <i>Phlebiopsis gigantea</i> (PG) attīstība analizētajos priežu celmos. ....	58
4.4. tabula. Parauglaukumu koordinātas. ....	61
4.5. tabula. Lielās pergamentsēnes sporulācija (sporu skaits Petri platē) vienā minūte uz kvadrātmetru Ogres iecirkņa 2. un 4. parauglaukumā. ....	68
4.6. tabula. Lielās pergamentsēnes sporulācija (sporu skaits Petri platē) vienā minūte uz kvadrātmetru parauglaukumā. ....	69

## ATTĒLU SARAKSTS

1.1. att. 2022. gadā apsekotās <i>P. sylvestris</i> vidēja vecuma audzes. Pelēks aplis - apsekota audze, kalnušī koki nav konstatēti; melns aplis - apsekota audze un konstatēti kalnušī, simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi; sarkans trīsstūris – konstatēti simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi, izdalīts <i>Heterobasidion</i> spp. ....	13
1.2. att. <i>Heterobasidion</i> spp. auglķermeņi uz trupējušas egles stumbra. ....	14
1.3. att. <i>Armillaria</i> spp. auglķermeņi uz kalnušas egles stumbra – eglei nolauzta galotne; Vidusdaugavas reģions Ogres iecirknis 2022. gada oktobris. ....	15
1.4. att. <i>Armillaria</i> spp. rizomorfas uz trupējušas egles koksnes: A – blakus rizomorfām izveidojies sēnes auglķermenis (bulta), B – jaunākas rizomorfas ir gaišākā krāsā (apikālie gali atzīmēti ar bultu), C – rizomorfas bieži atrodamas kopā ar <i>Armillaria</i> micēliju, kas veido kordas, D – melnas pārkoksnējušās rizomorfas. ....	16
1.5. att. <i>Armillaria</i> spp. auglķermeņi un <i>Heterobasidion</i> spp. auglķermeņi (norāde ar bultu) uz kalnušas egles saknes. ....	17
1.6. att. Ar marķējamo lentu (norāde ar bultu) norobežots <i>Heterobasidion</i> genotips stipri inficētā egļu audzē (parauglaukums K1) – attālums starp inficētiem kokiem viena genotipa robežās var pārsniegt 20 metrus. ....	18
1.7. att. Augsnes paraugu ievākšana (A) ar atveramu augsnes cilindru (B). ....	19
1.8. att. Augsnes bedrīte papildīta ar bērza skaidām. Izmantojot šo metodiku, tiks noskaidrots rizomorfu veidošanās potenciāls 12 mēnešu laikā; mūsu rīcībā ir dati par rizomorfu daudzumu katrā konkrētajā bedrītē pirms skaidu substrāta iepildīšanas. ....	20
1.9. att. Rizomorfū morfoloģisko parametru salīdzinājums starp parauglaukumiem (melnā horizontālā līnija norāda vidējo vērtību katrā datu kopā; melnie punkti virs vai zem pārējās datu kopas, piemēram, grafikā „Rizomorfū kopējais garums” pie parauglaukumiem K1, P un T norāda datu ekstremālās vērtības). ....	22
1.10. att. Rizomorfū paraugs Nr. 5 no K1 parauglaukuma. Ar sarkaniem taisnstūriem atzīmētas vietas, kur tika ņemti rizomorfū fragmenti ģenētiskajām analīzēm. ....	24
1.11. att. <i>Heterobasidion</i> spp. infekcijas centrs egļu audzē. Uz kalnušo koku stumbriem un virszemes saknēm sastopami arī celmenes auglķermeņi. ....	26
1.12. att. Ar <i>Armillaria</i> spp. inficētas egles: A, B – <i>Armillaria</i> spp. klājenisks micēlijs un rizomorfas uz kalnušu egļu stumbra, C – klājenisks micēlijs uz stumbra pamatnes. ....	27
1.13. att. <i>Armillaria</i> spp. (A) un <i>Heterobasidion</i> spp. (B) izraisītā trupe egļu celmos. ....	28
A .....	28
1.14. attēls. Celmenes auglķermeņu atliekas vairākus mēnešus pēc auglķermeņu izveidošanās; A – auglķermeņu atliekas uz stumbra, B – auglķermeņu atliekas uz sakņu kakla. ....	28
2.1. att. <i>P. gigantea</i> izolātu augšanas ātrums un aizņemtais laukums egles koksne. ....	35
2.2. att. <i>P. gigantea</i> izolātu augšanas ātrums un aizņemtais laukums priedes koksne. ....	35
2.3. att. Egļu violetpiepe <i>T.abietinum</i> (A), <i>Hypholoma</i> spp. (B) .....	36
2.4. att. Izgāzta egle (koks Nr.2) ar <i>T.abietinum</i> auglķermeņiem Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijā. ....	37
2.5. att. Dažāda vecuma <i>T.abietinum</i> auglķermeņi (A,B) uz trupējušas egles koksnes. ....	37
2.6. att. Koks Nr.2 (A) Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijā, paraugs Nr.3 (B), no kura izdalīts heterokariotisks micēlijs. ....	38
2.7. att. No koksnes izdalītais heterokariotiskais micēlijs (paraugs Nr.3 no koka Nr.2 Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijā). ....	39
2.8. att. Auglķermeņu gabaliņu fiksācijas vietas pie Petri trauka vāka (bulta) un no auglķermeņu izdalītajām sporām izaugušais micēlijs. ....	40
2.9. att. Eksperimentam sagatavoto egļu blukīšu/ripu izvietošana ar <i>Heterobasidion</i> spp. stipri inficētā egļu audzē. Tuvākie sakņu piepes auglķermeņi norādīti ar bultām. <i>Heterobasidion</i> spp. auglķermeņi tika konstatēti arī uz vismaz četriem egļu cemiem un astoņiem izgāztiem kokiem 10-150 m attālumā no paraugu eksponēšanas vietas. ....	41
2.10. att. <i>P. gigantea</i> (norāde ar bultu) un <i>Heterobasidion</i> (sarkanie punkti) sastopamība analizētajās	

ripās (2 – apstrāde ar PG 382, 3 – apstrāde ar S76, 6 – kontrole). .....	42
2.11. att. <i>P. gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> sastopamība egles koksnē (horizontāli – apstrādes varianti: 1 – Rotstop, 2 - PG 382, 3 – <i>H. capnoides</i> , 4 - <i>H. fasciculare</i> , 5 – <i>T. abietinum</i> , 6 - kontrole; vertikāli: 1 – 5 no katra varianta analizētās ripas 4 – 20 cm dziļumā). .....	45
2.12. att. Lielās pergamentsēnes/sakņu piepes micēlija attīstība priedes koksnē 3-12cm dziļumā analizētajās ripās (1-3cm, 2-6cm, 3-9cm, 4-12cm) .....	47
3.1. att. Tabula no publikācijas (Brūna et al., 2021), kurā analizēta dažādu skuju koku uzņēmība pret sakņu piepes primāro infekciju – tabulā uzrādīts atšķirīgu koku sugu inficēto ripu daudzums (%) dažādos eksperimentos (1-4). .....	50
3.2. att. Lielās pergamentsēnes izolātu micēlija augšanas salīdzinājums dažādās koku sugās (Zaluma et al., 2019a). .....	51
3.3. att. <i>H. annosum</i> un <i>H. parviporum</i> attīstība dažādās koku sugās .....	53
3.4. att. Rotstop un lielās pergamentsēnes Latvijas izolāta PG182 attīstības salīdzinājums lapegļu un parastās egles koksnē. ....	54
4.1. att. Eksperimentā iekļautie celmi A7 (A) un B10 (B). Ar cipariem atzīmētas vietas, kur no celma/saknēm ievākti koksnes paraugi. ....	58
4.2. att. Parauglaukumi Nr. 3 (A) un Nr. 5 (B) Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijā. ....	62
4.3. att. Ripu izvietojanas shēma ierīkotajos parauglaukumos. (E, P – egles un priedes ripu ekspozīcijas vietas). .....	63
4.4. att. Sporū uzskaitē Petri platēs zem <i>P. gigantea</i> augļķermeņiem: A - parauglaukums Nr. 2; B – parauglaukums Nr. 4. ....	64
4.5. att. <i>Phlebiopsis gigantea</i> uz lielu dimensiju egles koksnes mežizstrādes atliekas. ....	65
4.6. att. Lielās pergamentsēnes (PG) un <i>Heterobasidion</i> (HA) sporulācijas dinamika maija-novembra mēnešos egles un priedes koksnē.....	66
4.7. att. <i>P. gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> sporulācijas gradients priedes ripās Kalsnavas parauglaukumā (P13) Z-D virzienos (A) un A-R virzienos (B); 0 – zem augļķermeņa; 2, 10, 20, 40 – attālums metros no augļķermeņa. ....	67
4.8. att. <i>P. gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> sporulācijas gradients priedes ripās Ogres parauglaukumā (P2) Z-D virzienos; 0 – zem augļķermeņa, 2, 10 – attālums metros no augļķermeņa. ....	68
4.8. att. Eksperimentālā audze: A - 2022. jūnijā, B - 2022. gada augustā. ....	72
4.9. att. <i>N. fuckeliana</i> izraisītās stumbra brūces. 1, 3, 4 – <i>N. fuckeliana</i> izolāti, 2-kontrole. ....	73
4.10. att. Eksperimentā izmantotās egles (Nr. 4) ripas. A - stumbra šķērsgriezums 11 cm attālumā virzienā uz galotni; B- stumbra šķērsgriezums inokulācijas vietā; 1, 3, 4 – <i>N. fuckeliana</i> izolāti, 2-kontrole. ....	74
4.11. att. <i>Neonectria</i> sp. izolātu izraisītais iekrāsojums eglē (Nr.34); R-virziens stumbrā uz augšu; (1, 3 izolāti). ....	75
4.12. att. <i>Neonectria</i> sp. un <i>Heterobasidion</i> spp. mijiedarbība koksnē. A- <i>Neonectria</i> sp. izraisītais iekrāsojums (Nn); <i>Heterobasidion</i> spp. izraisītais iekrāsojums (Ha); B- abu sēņu mijiedarbības zona (bulta); 1-4 <i>Neonectria</i> sp. un kontroles izolāti. ....	75

## KOPSAVILKUMS

Pētījumā secināts, ka ar sakņu piepi *Heterobasidion* spp. inficētās egļu audzēs kūdreņos plaši izplatīta arī celmene *Armillaria* spp. Analizētajās platībās celmenes rizomorfu kopējais garums uz vienu kvadrātmetru 30 cm dziļumā ir vidēji 6,2 m. Patogēnā *A. borealis* suga atrasta 35% analizēto rizomorfu paraugu. Ar *Heterobasidion* inficētie koki ir vairāk pakļauti *Armillaria* infekcijai, to veicina arī trupējušās koksnes daudzuma palielināšanās audzē.

Priežu celmu augstums sastāva kopšanas cirtēs ietekmē *Heterobasidion* micēlija saglabāšanos saknēs. Divu gadu laikā inficēto sakņu skaits 15 cm augstajos celmos ir samazinājies par 29%, bet 50 cm augstajos celmos par 6%. Savukārt, ar lielo pergamentsēni, kas ierobežo *Heterobasidion* attīstību, kolonizēto sakņu skaits gada laikā ir gandrīz divas reizes palielinājies 15 cm augstajos celmos. Novērtējot sakņu piepes micēlija saglabāšanos augsnē iestrādātos, inficētos egļu sakņu fragmentos, dzīvotspējīgs micēlijs atrasts 13% dažāda tilpuma (50-300 cm<sup>2</sup>) sakņu.

Pārbaudot *Larix decidua*, *Larix sibirica* un *Larix x eurolepis* uzņēmību pret abām Latvijā konstatētajām *Heterobasidion*, secināts, ka patogēna micēlija attīstība analizēto lapegļu sugu un hibrīdu koksne būtiski neatšķiras. Analizējot lielās pergamentsēnes *Phlebiopsis gigantea* micēlija (tajā skaitā bioloģiskā preparāta Rotstop izolāta) attīstību minēto lapegļu sugu/hibrīdu koksne, salīdzinājumā ar parasto egli *Picea abies*, konstatēts, ka *P. gigantea* micēlijs sekmīgāk attīstās *P. abies* koksne ( $P < 0,05$ ).

Veicot bioloģiskā preparāta Rotstop monitoringu, secināts, ka Rotstop priedes koksne nodrošina ļoti efektīvu aizsardzību pret *Heterobasidion* bazīdijsporu un konīdijsporu infekciju. Lielā pergamentsēne pēc četriem gadiem konstatēta 70% egļu celmu, kas apstrādāti ar Latvijas izcelsmes izolātu un 80% celmu, kas apstrādāti ar Rotstop. Latvijas izcelsmes lielās pergamentsēnes izolāts PG382 dažādos eksperimentos nodrošināja līdzīgu, vai augstāku, efektivitāti kā Rotstop.

Pētījumā noskaidrots, ka *Hypholoma* sp. izolāti jauktajās suspensijās ar *P. gigantea* veicina lielās pergamentsēnes attīstību priedes koksne. Savukārt, pārbaudīto *Hypholoma* sp. un *Trichaptum* sp. izolātu izmantošana neietekmē *P. gigantea* dabisko infekciju. Arī egļu celmu apstrāde ar urīnvielu neietekmē dabisko *P. gigantea*, kā arī citu celmus kolonizējošo sēņu bioloģisko daudzveidību.

*Heterobasidion* sporu infekcija laikā no maija līdz novembrim konstatēta visās 12 analizētajās egļu audzēs. *P. gigantea* augstāka sporulācija atzīmēta maijā un oktobrī, bet sporu fons ir nepietiekošs, lai ierobežotu *Heterobasidion* attīstību skuju koku koksne. Oktobra-novembra mēnešos *Heterobasidion* auglķermeņu izdalīto sporu daudzums stundas laikā uz kvadrātmetru 2,5 reizes pārsniedz *P. gigantea* izdalīto sporu daudzumu. *P. gigantea* sporulācijas gradients atšķiras no *Heterobasidion*, jo augsts lielās pergamentsēnes sporu fons saglabājas arī 40 m attālumā no auglķermeņiem.

Analizējot koksnes endofīta *Neonectria fuckeliana* izraisītos bojājumus egles koksne (eksperimentā tika iekļautas 60 egles), noskaidrots, ka 10 gadu laikā *N. fuckeliana* izraisa vidēji 18 cm garas brūces – koksnes iekrāsojums stumbrā ir vidēji 67 cm.

## SUMMARY

The study concluded that *Armillaria* spp. is also widespread in drained peatland Norway spruce stands heavily infected with *Heterobasidion* spp. root rot. In the areas analysed, the total length of the rizomorphs per square metre at a depth of 30 cm is 6.2 m on average. The pathogenic species *A. borealis* was found in 35% of the rizomorph samples analysed. Trees infected with *Heterobasidion* are more prone to *Armillaria* infection, also driven by an increase in the amount of decaying wood.

The height of the Scots pine stumps in the pre-commercial thinnings affects the persistence of *Heterobasidion* mycelium in the roots. In two years, the number of infected roots in the 15 cm high stumps has fallen by 29% and those in the 50 cm high stumps - by 6%. Conversely, with the *P. gigantea* that limits *Heterobasidion* development, the number of colonised roots has almost doubled in the year in the 15 cm-high stumps. In assessing the persistence of root mycelium in soil-embedded infected spruce root fragments, viable mycelium was found in 13% of different volumes (50-300 cm<sup>2</sup>) of roots.

Examining the susceptibility of *Larix decidua*, *Larix sibirica* and *Larix x eurolepis* to the two *Heterobasidion* species detected in Latvia, it is concluded that the development of pathogenic mycelium in the wood of the larch species and hybrids analysed does not differ significantly. An analysis of the development of *Phlebiopsis gigantea* mycelium (including the biological preparation Rotstop isolate) in the wood of these larch species/hybrids compared to the Norway spruce *Picea abies* has shown that *P. gigantea* mycelium develops more successfully in *P. abies* wood ( $P < 0.05$ ).

Monitoring of the biological preparation Rotstop concluded that Rotstop provides very effective protection against *Heterobasidion* airborne and conidial suspension infection in pine wood. After four years, *P. gigantea* was found in 70% of Norway spruce stumps treated with an isolate from Latvia and 80% of stumps treated with Rotstop. The *P. gigantea* isolate PG382, originating in Latvia, provided a similar or higher efficacy in various experiments compared to Rotstop.

The study has shown that *Hypholoma* sp. isolates in mixed suspensions with *P. gigantea* promotes the development of *P. gigantea* in pine wood. Conversely, the use of tested *Hypholoma* sp. and *Trichaptum* sp. isolates does not affect the natural infection of *P. gigantea*. The treatment of Norway spruce stumps with urea also does not affect the natural biodiversity of *P. gigantea* as well as other wood colonising fungi. *Heterobasidion* spore infection was found in all 12 Norway spruce stands analysed between May and November. Higher sporulation rate of *P. gigantea* was recorded in May and October, but the spore deposition rate of the spores is not enough to restrict *Heterobasidion* development in coniferous wood. In the months of October-November, the amount of spores released by *Heterobasidion* fruit bodies within an hour per square metre is 2,5 times higher than amount of spores released by *P. gigantea*. The sporulation gradient of *P. gigantea* is different from *Heterobasidion*, as a high background of *P. gigantea* also persists 40 m away from the fruit bodies.

Analysis of 60 spruce trees has shown that wood endophyte *Neonectria fuckeliana* causes on average 18 cm long wounds over 10 years, with an average colouring of 67 cm in the trunk.



## IEVADS

Sakņu trupe apsaimniekotajos mežos izraisa ievērojamus zaudējumus, kas Eiropas Savienībā gada laikā sastāda vismaz 500 milj. eiro (Korhonen, Holdenrieder, 2005). Klimata pārmaiņas un mežsaimniecības intensifikācija ir nozīmīgākie faktori, kas veicina dažādu sēņu izraisītu slimību, tajā skaitā sakņu trapes, izplatību. Nozīmīgākie skuju koku sakņu-stumbra trapes izraisītāji ir sakņu piepe *Heterobasidion* spp. un celmene *Armillaria* spp. Celmene pamatā izplatās ar rizomorfām, kuru attīstību veicina kūdras augsnes. LVMI Silava pētījumos pierādīta *Heterobasidion* attīstība kūdras augsnēs (Gaitnieks et al., 2022), tāpēc svarīgi noskaidrot *Armillaria* rizomorfu sastopamību kūdreņos, jo veicot celmu izstrādi un augsnes sagatavošanu, rizomorfas tiek “izklīdētas” plašākā teritorijā. Līdzīgi arī ar *Heterobasidion* inficētie sakņu fragmenti var būt infekcijas avots atjaunotajai mežaudzei (Piri, Hamberg, 2015). LVMI Silava ir uzsākti pētījumi, lai noskaidrotu *Heterobasidion* micēlija dzīvotspēju trupējušā koksnē gan kūdras, gan minerālaugsnes. Mūsu pētījumos ir noskaidrots, ka arī maza diametra skuju koku celmi var tikt inficēti ar *Heterobasidion* (Gaitnieks et al., 2020). Tāpēc šobrīd tiek veikti pētījumi, lai noskaidrotu sakņu piepes micēlija saglabāšanos dažāda augstuma priežu celmu saknēs sastāva kopšanas cirtēs.

*Heterobasidion* izplatās ar sporām un ar micēliju sakņu kontaktu vietās (Gonthier, Thor, 2013). Latvijā ir uzsākti pētījumi, lai noskaidrotu sakņu piepes genotipu izplatīšanās dinamiku stipri inficētās priežu audzēs. Ierīkojot eksperimentālos stādījumus platībās, kas inficētas ar *Heterobasidion*, tiks izdalīts pret sakņu piepi mazāk uzņēmīgs stādmateriāls. Sakņu piepes primāro jeb sporu infekciju var efektīvi ierobežot, veicot svaigu celmu apstrādi ar bioloģiskiem preparātiem (Garbelotto, Gonthier, 2013). Šajos preparātos pamatā tiek izmantota lielā pergamentsēne *Phlebiopsis gigantea*. Mežsaimnieciski augsti attīstītās valstīs tiek veikti pētījumi, lai izstrādātu bioloģiskos preparātus, kas satur vietējās izcelsmes *P. gigantea* izolātus (Kenigsvalde et al., 2016). Turklāt, svarīgi ir preparātu sastāvā iekļaut ne tikai *P. gigantea*, bet arī citas sēņu sugas. Tādējādi tiks veicināta gan koksnī kolonizējošo sēņu bioloģiskā daudzveidība, gan celmu/sakņu aizsardzība pret *Heterobasidion*. Ja celmu apstrādē izmantotās sēnes ieauks saknēs ātrāk kā *Heterobasidion*, tad perspektīvā tiks ierobežota sakņu piepes sekundārā attīstība, respektīvi, patogēna micēlija pārnese uz veselajiem kokiem. LVMI Silava ir uzsākti pētījumi jauktajās suspensijās kopā ar *P. gigantea* analizējot arī egļu violetpiepes *Trichaptum abietinum* un citu celmus primāri kolonizējošo sēņu ietekmi uz *Heterobasidion*. Lai ierobežotu sakņu trapes izraisītos mežsaimnieciskos zaudējumus, svarīgi ir arī veicināt skuju koku celmu dabisko aizsardzību pret sakņu piepes infekciju. Patogēnā sēne *Heterobasidion* aktīvi sporulē visu gadu, ja temperatūra ir augstāka par 5°C, bet ar sakņu piepi konkurējošās lielās pergamentsēnes jaunie augļķermeņi pamatā attīstās rudenī. LVMI Silava ir uzsākti pētījumi, lai analizētu arī lielās pergamentsēnes sporulācijas dinamiku veģetācijas perioda laikā un, lai noskaidrotu faktoros, kas veicina sēnes attīstību- respektīvi, nodrošinot pietiekamu sporu fonu, tādējādi ierobežojot *Heterobasidion* infekciju.

Pētījumam ir četri mērķi:

- 1) papildināt līdz šim esošās zināšanas par sakņu trupi izraisošo sēņu sastopamību egļu un priežu audzēs un sniegt informāciju, lai izstrādātu rekomendācijas trapes

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 augstražīgu 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.

Pētījuma pārskats strukturēts pa mērķiem un uzsāktajiem darba uzdevumiem, raksturojot darba materiālu, metodes, primāri iegūtos rezultātus un secinājumus.

Virszdevumā “Sakņu trupes izplatība skuju koku audzēs” 2022. gadā ietverti seši darba uzdevumi.

1. Novērtēt sakņu piepes sastopamību vidēja vecuma priedes audzēs.
2. Analizēt *Armillaria* spp. sugu sastopamību egļu audzēs mežos ar kūdras un minerālaugsnēm.
3. 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.
4. Ikgadējs stādu attīstības monitorings 5 celmu izstrādes parauglaukumos.
5. Analizēt dažāda augstuma mazo dimensiju celmu ietekmi uz trupes izplatību sastāva kopšanas cirtēs.
6. Sagatavota zinātniskā publikācija.

Virszdevumā “Alternatīva celmu apstrādes preparāta izstrāde līdz šim pielietotajam “Rotstop”, tā efektivitātes novērtējums” ietverti četri 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.
4. Sagatavot publikāciju.

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

1. Apkopot informāciju par Latvijā perspektīvāko (*Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Fagus sylvatica*, *Pinus contorta*, *Quercus rubra*, *Larix* sp.) introducēto koku sugu rezistenci pret sakņu piepes un celmenes bojājumiem.
2. Noskaidrot sakņu trupes izplatīšanās ātrumu perspektīvākajām introducēto koku sugām, to vērtējot no ilgtspējīgas mežsaimniecības aspekta.

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

1. Noskaidrot *P. gigantea* attīstību trupējušā priedes koksne.
2. Salīdzināt bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitāti un ietekmi uz koksni kolonizējošām sēnēm.
3. Veikt *P. gigantea* augļķermeņu attīstību ietekmējošo faktoru izvērtēšanu un sporu izdalīšanās potenciāla novērtēšanu.
4. Eksperimentālajos stādījumos izdalīt rezistentāko priežu provenienču/ ģimeņu ģenētisko materiālu priežu audzēs.
5. Noskaidrot koksnes endofītu lomu skuju koku rezistencē pret sakņu trupi izraisošām sēnēm, t.sk. veikt egļu stumbra analīzi, lai izvērtētu dažādu *Neonectria fuckeliana* izolātu izraisītos bojājumus.

## 1. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBA SKUJU KOKU AUDZĒS

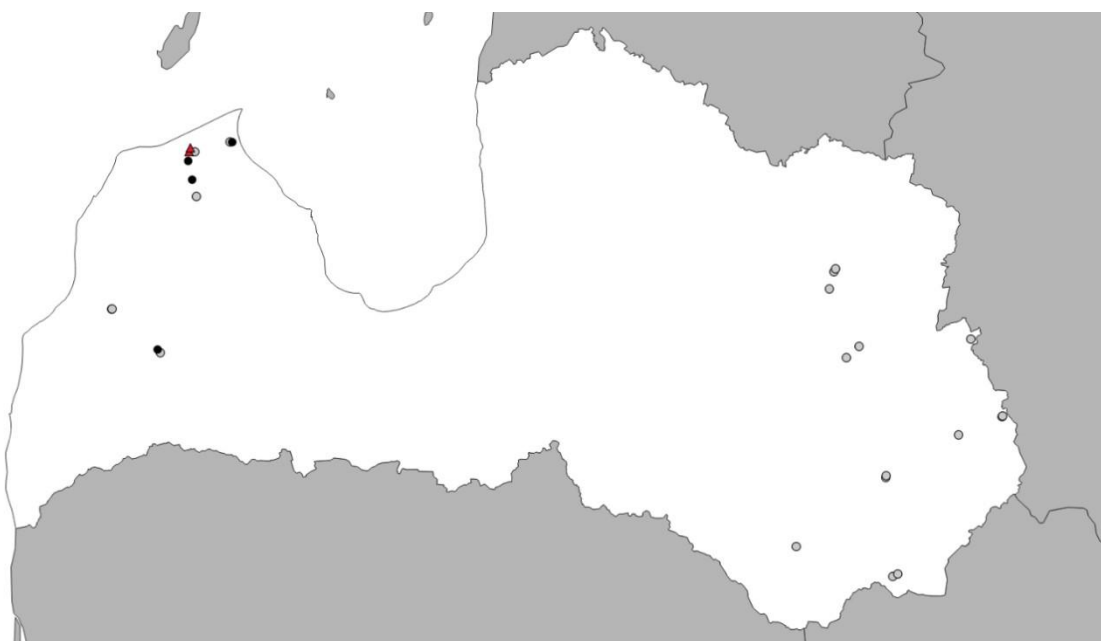
Parastā priede (*Pinus sylvestris* L.) ir viena no ekonomiski nozīmīgākajām koku sugām Baltijas valstīs un Skandināvijā, Latvijā aizņemot 29% no kopējās mežu platības (Baumanis et al., 2014). Parastās priedes selekcija galvenokārt ir vērsta uz tādu īpašību uzlabošanu, kas saistītas ar produktivitāti (augstums, pieaugums, caurmērs, saražotās koksnes apjoms) (Jansson et al., 2017), tomēr mazāk pētījumu ir veikti, lai paaugstinātu noturību pret dažādām slimībām, to skaitā, sakņu trupi. 2021. gadā uzsāktā pētījuma mērķis ir noskaidrot sakņu piepes sastopamību vidēja vecuma audzēs, lai izstrādātu rekomendācijas sakņu trupes izplatības ierobežošanai.

### 1.1. Sakņu piepes sastopamība vidēja vecuma priedes audzēs

Pavisam 2021. gadā randomizēti atlasītas 100 vidēja vecuma audzes programmā 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 sausieņos), 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 piepei raksturīgajiem vizuālajiem simptomiem, kādi izmantoti iepriekš veiktos LVMI Silava pētījumos (vainaga stāvoklis, sēnes auglķermeņu sastopamība) (Zaļuma et al., 2019b), gan pēc konīdijsporu stadijas koksnes paraugos (Woodward et al., 1998). Sīkāk audžu apsekošanas un paraugu analīzes metodika aprakstīta Pētījuma 1. etapa pārskatā.

2022. gadā apsekojot audzes, lielas inficētās platības netika konstatētas, tikai atsevišķi inficētie koki (1.1. attēls; 1. pielikums). Kopā 2021. un 2022. gadā apsekotas 80 audzes, un sakņu piepe konstatēta 22 audzēs (27% no analizētajām audzēm). Inficēto koku skaits audzēs variēja no 1 līdz 5. Kaltušie koki konstatēti 47 audzēs (59%).



**1.1. att. 2022. gadā apsekotās *P. sylvestris* vidēja vecuma audzes. Pelēks aplis - apsekota audze, kalnušī koki nav konstatēti; melns aplis - apsekota audze un konstatēti kalnuši, simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi; sarkans trīsstūris – konstatēti simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi, izdalīts *Heterobasidion* spp.**

Iegūtie dati norāda, ka selekcijas procesā īpaši svarīgi ir pētījumi par audžu noturību pret sakņu piepi, lai samazinātu infekcijas izplatību priedes audzēs. Mūsu iepriekš veiktie pētījumi pierāda, ka selekcijas indeksam, kas ietver tikai augšanas pazīmes (augstumu un stumbra tilpumu), ir niecīga ietekme uz sakņu trupes radītajiem bojājumiem (RiekstsRiekstiņš et al., 2020), bet potenciāli, atlasot rezistentākās ģimenes, būtu iespējams uzlabot kokaugu noturību pret sakņu piepes infekciju (Zaluma et al., 2015; Rieksts –Riekstiņš et al., 2020).

Secinājumi: *Heterobasidion* spp. konstatēts 27% 2021. – 2022. analizēto priedes audžu, kas saskan ar iepriekš iegūtajiem rezultātiem pieaugušās audzēs.

## **1.2. *Armillaria* spp. sugu sastopamība egles audzēs mežos ar kūdras un minerālaugsnēm**

Nozīmīgākie parastās egles *Picea abies* sakņu un stumbra trupes izraisītāji ir *Heterobasidion* spp. (1.2. attēls) un *Armillaria* spp. Vidēji 80% gadījumu trupi izraisa *Heterobasidion* spp., *Armillaria* spp. trupi izraisa vidēji 10% egļu (1.3. attēls), *Stereum* spp. – vidēji 5% trupējušo egļu un 5% gadījumu trupes izraisītāji ir citas sēnes (Korhonen, Piri, 2003).



**1.2. att. *Heterobasidion* spp. auglķermenī uz trupējušas egles stumbra.**

Dažkārt *Armillaria* spp. egļu audzēs var izraisīt ievērojamus zaudējumus (Shaw, Kile, 1991). Slovēnijā un Norvēģijā atrastas *P. abies* audzes, kurās kā primārais trupes izraisītājs *Armillaria* spp. sastopama attiecīgi 28% un 60% celmu (Heggertveit, Solheim, 1998; Brglez,

Ogris, 2019). Latvijā atsevišķās audzēs, kuras ierīkotas bijušajās lauksaimniecības zemēs, *Armillaria* spp. izraisījusi līdz pat 90% koku trupi. Līdz šim Latvijā ir veikti tikai atsevišķi pētījumi par *Armillaria* spp. (Lukstiņa, 2017; Buša, 2020; Smeltere, 2022), tāpat nav novērtēti arī *Armillaria* spp. izraisītie mežsaimnieciskie zaudējumi.

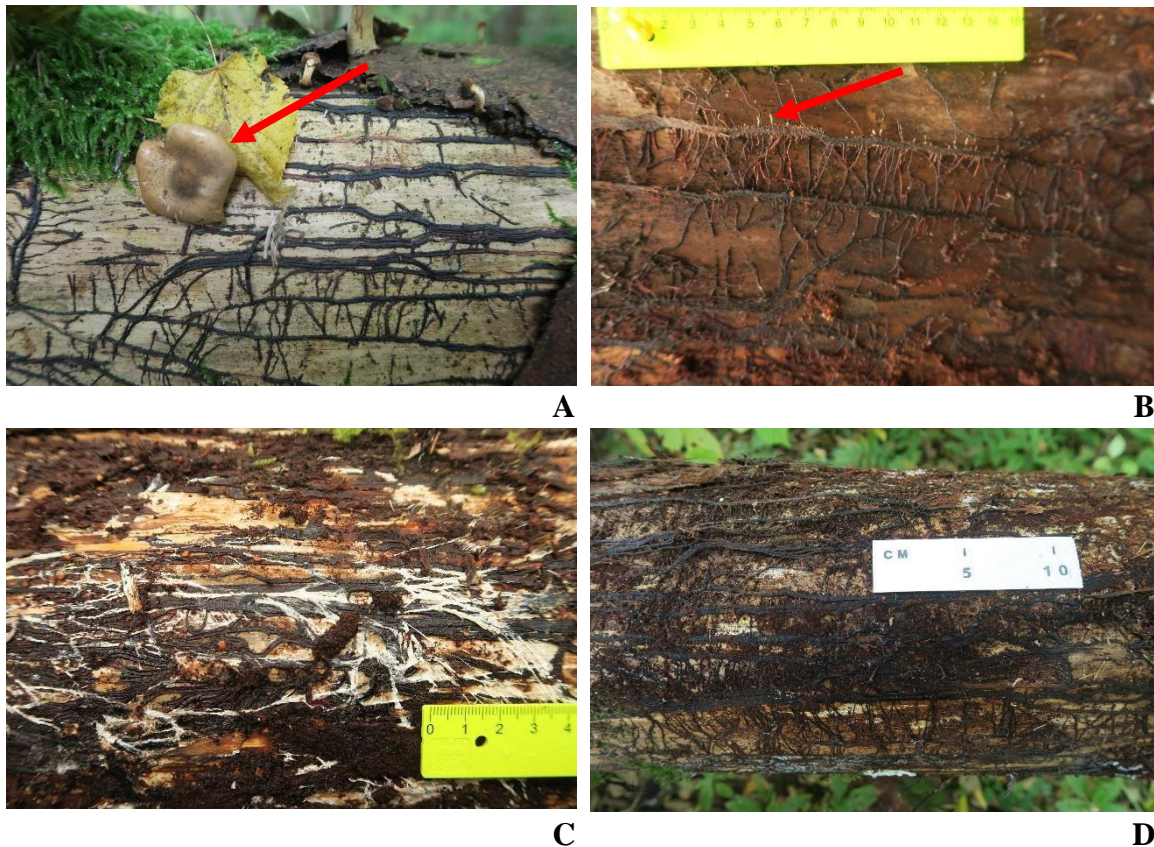
*Armillaria* spp. sugām var būt atšķirīga patogenitāte (Lygis, 2005; Baumgartner et al., 2011). Vāji un vidēji patogēnās sugas pamatā kolonizē nedzīvu koksni. Sugas ar augstāku patogenitāti optimālos apstākļos var kļūt par nopietniem patogēniem un radīt ievērojamus zaudējumus.



**1.3. att. *Armillaria* spp. augļķermeņi uz kaltsušas egles stumbra – eglei nolauzta galotne; Vidusdaugavas reģions Ogres iecirknis 2022. gada oktobris.**

Līdz šim veiktajos LVMI Silava pētījumos, Latvijā konstatētas trīs *Armillaria* spp. sugas: tumšā celmene *A. ostoyae* (sinonīms *A. solidipes*), ziemeļu celmene *A. borealis* un bumbuļkāta celmene *A. cepistipes* (Gaitnieks et al., 2019). No tām *A. ostoyae* tiek uzskatīta par agresīvu sugu, respektīvi, primāro patogēnu (Kile et al., 1991; Lygis, 2005). *A. borealis* un *A. cepistipes* tiek uzskatītas par vidēji patogēnām sugām, kuru patogenitāte ir vājāka par *A. ostoyae*, bet tās optimālos apstākļos spēj būtiski ietekmēt mežaudzi (Guillaumin et al., 1993; Lygis, 2005). Īpaši tas attiecas uz *A. borealis* (Heinzelmann, Rigling, 2016).

*Armillaria* spp. primārā izplatīšanās notiek ar sporām. Sekundārā izplatīšanās var notikt, micēlijam izplatoties sakņu kontaktu vietās, kur inficēta sakne saskaras ar veselu sakni, bet tas nav efektīvākais izplatīšanās veids (Redfern, 1978). Otrs, būtiskākais sekundārās izplatīšanās veids, ir ar rizomorfu palīdzību (Heinzelmann et al., 2019) – augu saknēm līdzīgiem micēlija pinumiem, kas veidoti no liela skaita hifu, kuru serde ir iekļauta melanizētā, necaurīdīgā mizā (1.4. attēls) un to galos ir apikālā augšanas zona (Garraway et al., 1991; Lygis, 2005; Yafetto, 2018).



**1.4. att. *Armillaria* spp. rizomorfās uz trupējušās egles koksnes: A – blakus rizomorfām izveidojies sēnes augļķermenis (bulta), B – jaunākas rizomorfās ir gaišākā krāsā (apikālie gali atzīmēti ar bultu), C – rizomorfās bieži atrodamas kopā ar *Armillaria* micēliju, kas veido kordas, D – melnas pārkoksnējušās rizomorfās.**

Ir konstatēts, ka rizomorfu daudzums augsnē korelē ar pieejamo substrāta daudzumu, īpaši, celmiem (Twery et al., 1990). Ar daudzgadīgām rizomorfām tiek būtiski palielināta kolonizētās augsnes platība, kurā sēne izplatās, lai sasniegtu jaunu inficējamo substrātu (Guillaumin et al., 1993). Rizomorfās ir atrodamas zem stāvošu un izgāztu, kaldušu koku mizas, uz sakņu kakla un atsegtām virszemes saknēm (Shaw, Kile, 1991; Lygis, 2005). Stāvošām, kaldušām eglēm rizomorfās parasti attīstās līdz divu metru augstumam. Ir pierādīts, ka *Armillaria* spp. sugu patogenitāte ir saistīta ar spēju veidot rizomorfās (Prospero et al., 2004). Citā pētījumā secināts, ka rizomorfu sastopamība korelē ar koku kalšanu (Twery et al., 1990). Rizomorfās augsnē ir sastopamas līdz 45 centimetru dziļumam (Redfern, 1978), bet lielākoties tās atrodamas 10 – 20 cm dziļumā (Redfern, Filip, 1991).

Sakņu trapes ierobežošanai tiek praktizēta celmu raušana, turklāt šī metode ir efektīvāka *Armillaria* spp., nekā *Heterobasidion* spp. ierobežošanā: 2 – 31 gadu pēc celmu raušanas *Armillaria* spp. sastopamība samazinās par 75%, bet *Heterobasidion* spp. izplatība – tikai par 42% pēc 6 – 31 gada (Vasaitis et al., 2008). Tomēr pēc celmu izstrādes augsnē saglabājas gan trupējušo sakņu fragmenti, gan rizomorfās, kas var izraisīt atkārtotu infekciju pēc audzes atjaunošanas (Baumgartner et al., 2011). Tāpēc ir svarīgi noskaidrot rizomorfu sastopamību inficētās platībās un to veidošanos ietekmējošos faktorus. *Armillaria* spp. un *Heterobasidion* spp. konkurē par substrātu – abas sēnes var būt sastopamas vienā audzē un pat vienā kokā (1.5.

attēls). Tādēļ ir svarīgi noskaidrot šo sēņu mijiedarbību, jo mazāk patogēnās *Armillaria* spp. sugas, konkurējot par substrātu, varētu ierobežot *Heterobasidion* spp. izplatību.



**1.5. att. *Armillaria* spp. augļķermeņi un *Heterobasidion* spp. augļķermeņi (norāde ar bultu) uz kaltušas egles saknes .**

### **1.2.1. Materiāli un metodes**

#### **Ilgtermiņa pētījuma objektu raksturojums**

*Armillaria* spp. sastopamības un izplatības dinamikas novērtēšanai tika izvēlēti seši ilgtermiņa parauglaukumi (1.1. tabula), kuros ir konstatēta *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. izraisīta infekcija. Četri parauglaukumi ierīkoti Meža pētīšanas stacijas (turpmāk MPS) Kalsnavas mežu novadā 2021. gadā. Divas audzes atrodas tuvu viena otrai (200 m attālumā), pārējās- divu līdz piecu kilometru attālumā viena no otras. Viens parauglaukums Vidusdaugavas (turpmāk VD) reģiona Ogres iecirkņa teritorijā un viens MPS Mežoles mežu novadā.



Parauglaukumu izvēle veikta, balstoties uz līdzīgu audžu vecumu, kas šajos parauglaukumos ir 39 – 55 gadi. Trīs audzes ir egles tīraudzes un trīs audzēs ir 10 – 20% bērza piemistrojums. Audžu platība ir 0,5 – 3,9 ha. Četras audzes reprezentē platlapju kūdreņa meža tipu, bet divas – šaurlapju kūdreni. Trīs audzēs kūdras slāņa biezums ir >70 cm un trīs audzēs tas ir robežās no 24 līdz 47 cm, augsnes pH ir 4,2 – 6,0. Visās audzēs ir atrasts *Heterobasidion* spp. un ir raksturots infekcijas īpatsvars infekcijas centros jeb „trupes ligzdās”, kas sastāda 11 – 69% koku un celmu. Informācija par parauglaukumiem apkopota 1. tabulā. Piecās audzēs – K1, K2, O, S un T – veikta egļu stādīšana, bet P parauglaukumā audze atjaunojusies dabiski.

**1.1.tabula. Pētījumā iekļauto audžu raksturojums.**

Parauglaukums	Koordinātas	Audzēs sastāvs	Meža tips	Audzēs vecums	Audzēs platība, ha	Kūdras slāņa biezums, cm	Augsnes pH	Het. īpatsvars, %
T	56.689095; 25.901679	8E2B	Kp	54	0,5	>70	4,2	11
K1	56.672479; 25.891165	9E1B	Ks	50	3,9	27...>70	4,6	69
K2	56.673705; 25.893788	10E	Kp	55	1,6	>70	5,3	45
P	56.691478; 25.825312	10E	Ks	39	1,2	39	4,9	19
O	56.847878; 24.805890	9E1B	Kp	49	2,0	24	5,7	44
S	57.339820; 26.03.0071	10E	Kp	52	0,6	47	6,0	24

### Lauka darbu metodika

Rizomorfu paraugu ievākšana veikta 2022. gada jūlijā. Katrā parauglaukumā tika izvēlēts transekts, kas ietver infekcijas centros izdalītos *Heterobasidion* spp. genotipus un audzes daļu ārpus genotipiem. Genotips (ģenētiski atšķirīgs *Heterobasidion* spp. micēlijs) mūsu ierīkotajos parauglaukumos iekļāva 1 līdz 14 kokus/celmus (1.6. attēls).



**1.6. att. Ar marķējamo lentu (norāde ar bultu) norobežots *Heterobasidion* genotips stipri inficētā egļu audzē (parauglaukums K1) – attālums starp inficētiem kokiem viena genotipa robežās var pārsniegt 20 metrus.**

Katrā parauglaukumā tika ievākti 15 paraugi viena metra attālumā viens no otra. Paraugu ievākšanai izmantots augsnes cilindrs (d = 10 cm, h = 30 cm) (1.7. attēls). Augsnes paraugi tika ievietoti ar parauglaukuma un parauga numuru marķētā plastmasas maisiņā un nogādāti LVMI Silava tālākai apstrādei.



**A**



**B**

**1.7. att. Augšnes paraugu ievākšana (A) ar atveramu augsnes cilindru (B).**

Uzreiz pēc augsnes paraugu ievākšanas izveidotās bedrītes tika papildītas ar bērza koksnes skaidām (relatīvais mitrums 40 – 50%, skaidas iegūtas AS Latvijas Finieris) (1.8. attēls). Šī metode ir aprobēta rizomorfu veidošanās dinamikas noteikšanai (Smeltere, 2022), modificējot metodiku, kas paredzēta mikorizu veidošanās potenciāla novērtēšanai (Jaatinen et al., 2007).



**1.8. att. Augsnes bedrīte piepildīta ar bērza skaidām. Izmantojot šo metodiku, tiks noskaidrots rizomorfu veidošanās potenciāls 12 mēnešu laikā; mūsu rīcībā ir dati par rizomorfu daudzumu katrā konkrētajā bedrītē pirms skaidu substrāta iepildīšanas.**

### **Laboratorijas darbu metodika**

Pēc nogādāšanas LVMI Silava Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijā, augsnes paraugi tika izšķiroti, atdalot rizomorfas no augsnes daļiņām un augu saknēm. Rizomorfas tika noskalotas tekošā ūdenī un uzglabātas ar parauglaukuma un parauga numuru marķētā Petri platē. Līdz tālākai apstrādei paraugi tika uzglabāti ledusskapī, lai novērstu rizomorfu augšanu. Otrreizēja rizomorfu atlase veikta, izmantojot stereomikroskopu (palielinājums 15 – 25x) un atlasot rizomorfām līdzīgus sakņu fragmentus. Rizomorfu pārbaude veikta, balstoties uz rizomorfām raksturīgajām morfoloģiskajām pazīmēm: gludu virsmu, tumši brūnu līdz sarkanīgu krāsojumu un micēlija pavedieniem rizomorfu apvalka plīsuma vietās.

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). Skenēšanas procesā, skenera paplātē rizomorfas tika iegremdētas vārītā, atzdzēsētā ūdenī. Svarīgi rizomorfas ūdenī iegremdēt pilnībā, lai izvairītos no liekiem gaismas laušanas leņķiem, kas izraisītu neprecīzu attēla ieguvu. Vajadzības gadījumā, ja rizomorfas bija izteikti sazarotas vai izliektas, tās tika sagrieztas īsākos fragmentos. Programma WinRHIZO 2005 C ļauj noteikt rizomorfu kopējo garumu, tilpumu, virsmas laukumu un vidējo diametru, kā arī rizomorfu sadalījumu diametra klasēs.

## Datu apstrāde un analīze

Datu apstrāde un būtiskuma analīze veikta programmā R 4.1.2 for Windows (R Core Team, 2022), lietojot R Studio for Windows 10 (versija 1.4.1103). Datu normālsadalījuma pārbaude tika veikta ar Šapiro testu (R Core Team, 2022). Tā kā dati neatbilst normālajam sadalījumam, būtiskuma pārbaude veikta ar neparametrisko Kruskal-Wallis testu. Rezultātu grafiskai attēlošanai izmantota ggplot2 pakete un ggplot funkcija (Wickham, 2016).

### 1.2.2. Rezultāti

#### *Armillaria* spp. rizomorfu sastopamība ilgtermiņa parauglaukumos

Kopā tika ievākti 90 augsnes paraugi un no tiem 60 paraugos (66,7%) tika atrastas rizomorfas (1.2. tabula). Lielākais rizomorfu paraugu skaits ir K1 parauglaukumā, kur tās atrastas visos augsnes paraugos. Vismazākais rizomorfu paraugu skaits ir K2 un T parauglaukumā, kur tās atrastas sešos augsnes paraugos katrā parauglaukumā. 12 rizomorfu paraugi atrasti P parauglaukumā, 11 rizomorfu paraugi – S parauglaukumā un 10 rizomorfu paraugi – O parauglaukumā.

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

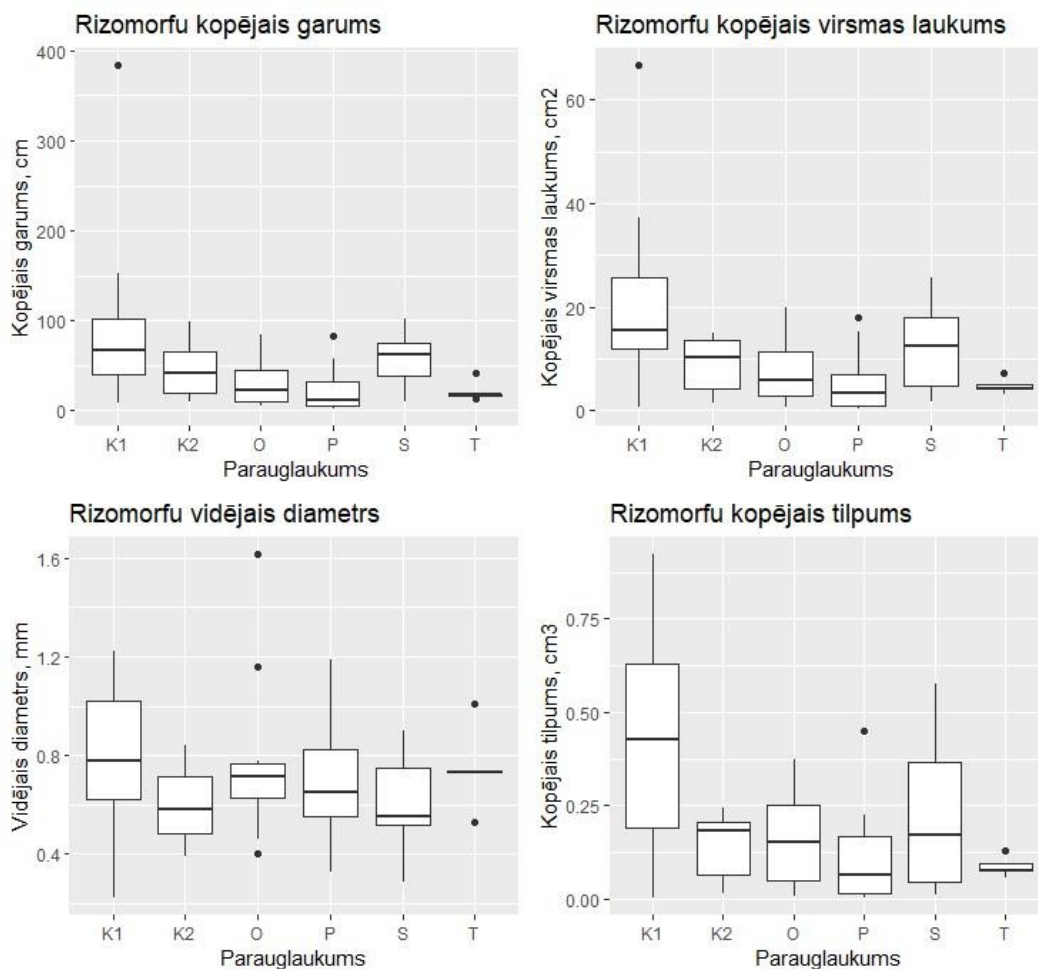
Parauglaukums	Augsnes paraugu skaits ar rizomorfām (%)	Augsnes paraugu skaits, kuros rizomorfas netika atrastas (%)
T	6 (40%)	9 (60%)
K1	15 (100%)	0 (0%)
K2	6 (40%)	9 (60%)
P	12 (80%)	3 (20%)
O	10 (67%)	5 (33%)
S	11 (73%)	4 (27%)

#### Rizomorfu paraugu parametri

Ievāktie kūdras paraugi atšķirās ne tikai ar atrasto rizomorfu daudzumu, bet arī ar rizomorfu morfoloģiskajiem rādītājiem. Vidējās parametru vērtības katrā parauglaukumā apkopotas 1.3. tabulā un 1.9. attēlā. Visu ievākto rizomorfu vidējais garums ir 49,62 cm vienā paraugā. Visu paraugu vidējais virsmas laukums ir 11,30 cm<sup>2</sup>. Vidējais diametrs paraugiem ir 0,72 mm. Vidējais rizomorfu tilpums starp visiem paraugiem ir 0,22 cm<sup>3</sup>. K1 parauglaukumā ievāktajām rizomorfām analizēto parametru vidējās vērtības ir visaugstākās starp visiem parauglaukiem.

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

Parauglaukums	Vidējais garums (cm)	Vidējais virsmas laukums (cm <sup>2</sup> )	Vidējais diametrs (mm)	Vidējais tilpums (cm <sup>3</sup> )
T	19,65 $\pm$ 4,70	4,07 $\pm$ 0,82	0,68 $\pm$ 0,09	0,07 $\pm$ 0,02
K1	87,82 $\pm$ 23,41	20,96 $\pm$ 4,25	0,80 $\pm$ 0,07	0,43 $\pm$ 0,08
K2	46,52 $\pm$ 13,81	8,95 $\pm$ 2,40	0,60 $\pm$ 0,07	0,14 $\pm$ 0,04
P	23,88 $\pm$ 7,64	5,55 $\pm$ 1,78	0,71 $\pm$ 0,08	0,11 $\pm$ 0,04
O	31,10 $\pm$ 8,51	7,58 $\pm$ 1,99	0,79 $\pm$ 0,11	0,16 $\pm$ 0,04
S	56,99 $\pm$ 8,70	12,07 $\pm$ 2,56	0,61 $\pm$ 0,06	0,22 $\pm$ 0,06



1.9. att. Rizomorfu morfoloģisko parametru salīdzinājums starp parauglaukumiem (melnā horizontālā līnija norāda vidējo vērtību katrā datu kopā; melnie punkti virs vai zem pārējās datu kopas, piemēram, grafikā „Rizomorfu kopējais garums” pie parauglaukumiem K1, P un T norāda datu ekstremālās vērtības).

Pārbaudot datu atbilstību normālajam sadalījumam, tika noskaidrots, ka neviena parametra dati neatbilst normālajam sadalījumam, kas nozīmē, ka parauglaukuma ietekmes uz parametriem būtiskuma pārbaudi jāveic ar neparametriskām metodēm. Būtiskuma tests norāda,

ka šādi morfoloģiskie parametri: kopējais rizomorfu garums ( $p$ -vērtība = 0,005), kopējais rizomorfu virsmas laukums ( $p$ -vērtība = 0,008) un kopējais rizomorfu tilpums ( $p$ -vērtība = 0,019) starp parauglaukumiem būtiski atšķiras, bet parauglaukumam nav būtiskas ietekmes uz vidējo rizomorfu diametru ( $p$ -vērtība = 0,377).

### *Armillaria* spp. sugu sastāvs parauglaukumos

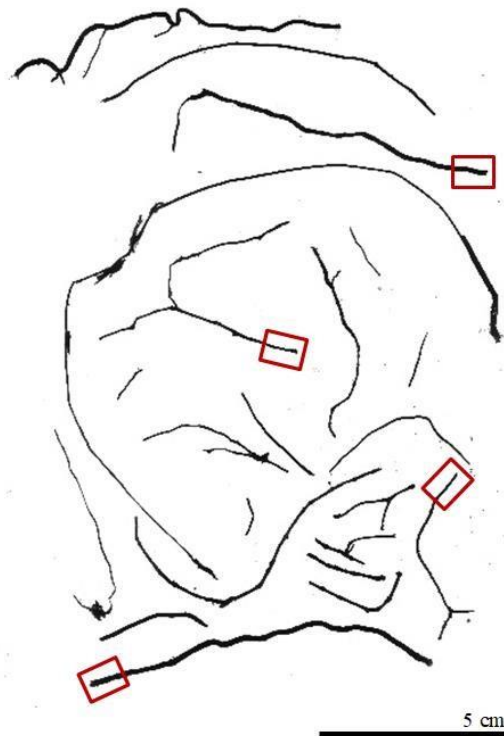
No analizētajiem 60 rizomorfu paraugiem sešos paraugos, izmantojot esošos praimerus, neizdevās noteikt piederību konkrētām *Armillaria* spp. sugām. Sugu sastāvs katrā parauglaukumā apkopots 1.4. tabulā. Pētītajos parauglaukumos noteiktas divas *Armillaria* spp. sugas: *A. cepistipes* un *A. borealis*. Visvairāk paraugos noteiktā suga ir *A. cepistipes*, kas kopumā sastopama 51 paraugā (85%). K2 un O parauglaukumos tā sastopama visos paraugos (100%), pārējos parauglaukumos – lielākajā daļā paraugu (66,7 – 93,3%). *A. borealis* noteikta pavisam 21 paraugā (35%) un sastopama 20% – 63,6% paraugu piecos no analizētajiem sešiem parauglaukumiem, K2 parauglaukumā tā netika noteikta. *A. lutea*, *A. ostoyae* un *A. tabescens* sastopamība netika apstiprināta nevienā paraugā. Iepriekš veiktos pētījumos Latvijā I. Bušas (2020) analizētajos *Armillaria* spp. paraugos, kas ievākti no trupējušas egles koksnes, dominēja *A. cepistipes* (110 paraugi, 94%), bet *A. borealis* bija sastopama tikai septiņos paraugos (6%).

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

Celmenes suga	Paraugu skaits parauglaukumos					
	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%	14 93,3%	6 100%	8 66,7%	10 100%	9 81,8%
<i>A. tabescens</i>	0	0	0	0	0	0
<i>A. borealis</i>	3 50%	3 20%	0	5 41,7%	3 30%	7 63,6%
Nav noteikta suga	0	1 6,7%	0	3 25,0%	0	2 18,2%

*A. cepistipes* tiek raksturota kā vāji patogēna suga, kurai nepiemīt spēja inficēt veselus kokus. *A. cepistipes* tiek uzskatīta par visbiežāk sastopamo sugu Eiropā. *A. borealis* tiek uzskatīta par vidēji patogēnu sugu, kas var inficēt novājinātus kokus. (Lygis, 2005).

Lielākajā daļā paraugu – 37 paraugi (61,7%) – katrā rizomorfu paraugā tika noteikta viena *Armillaria* spp. suga, 17 paraugos (28,3%) vienā rizomorfu paraugā tika noteiktas abas sugas. Vairāku *Armillaria* spp. sugu sastopamību vienā rizomorfu paraugā var skaidrot ar lielāku rizomorfu kopējo garumu konkrētajā paraugā un ar izmantoto metodiku – no lielākiem rizomorfu paraugiem rizomorfu fragmenti ģenētiskajām analīzēm tika paņemti 2 – 4 vietās (1.10. attēls). Iegūtā informācija par *Armillaria* spp. sastopamību kūdras augsnēs ir iekļauta Katrīnas Smelteres bakalaura darbā, kas tika aizstāvēts 2022. gadā Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātē (skat. 2. un 3. pielikumu).



**1.10. att. Rizomorfu paraugs Nr. 5 no K1 parauglaukuma. Ar sarkaniem taisnstūriem atzīmētas vietas, kur tika ņemti rizomorfu fragmenti ģenētiskajām analizēm.**

### ***Armillaria* spp. izplatību ietekmējošie faktori**

*Armillaria* spp. izplatību ietekmē dažādi faktori, kā, piemēram, temperatūra, mitrums, bet kā svarīgāko jāatzīmē barības vielu – koksnes substrāta – pieejamību. Visos analizētajos parauglaukumos vidējais rizomorfu tilpums vienā paraugā ir  $0,22 \text{ cm}^3$ . Koku un celmu kopējais vidējais skaits visos parauglaukumos ir 14,6 uz  $100 \text{ m}^2$ . Augošus, veselus kokus *Armillaria* spp. parasti neinficē, sevišķi mazāk patogēnas *Armillaria* sugas, bet tās var efektīvi noārdīt celmu un kalnu koku koksni, kā arī inficēt novājinātus kokus. *Heterobasidion* spp. var inficēt gan veselus, augošus kokus, gan celmus un lielu dimensiju mežizstrādes atliekas. Vidējais *Heterobasidion* spp. infekcijas īpatsvars visos parauglaukumos infekcijas centros ir 35,33% (īpatsvars svārstās no 11 līdz 69%, skatīt 1.1. tabulu).

T parauglaukumā, kur ir vismazākais koku skaits, ir gan viszemākā *Heterobasidion* spp. infekcija, gan vismazākais *Armillaria* spp. rizomorfu daudzums augsnē (1.5. tabula). Tas norāda uz to, ka zema koksnes substrāta pieejamība audzē negatīvi ietekmē abu sēņu izplatību. Būtiskuma analīze, kurā pārbaudīta koku un celmu skaita ietekme uz rizomorfu tilpumu augsnē, norāda, ka koku skaita ietekme ir būtiska ( $p$ -vērtība = 0,019). Tomēr nav atrasta lineāra saistība starp koku un celmu skaitu un *Armillaria* spp. rizomorfu daudzumu vai *Heterobasidion* spp. infekcijas līmeni. Jāatzīmē, ka saistība starp koku skaitu analizētajos parauglaukumos un *Armillaria* spp. rizomorfu daudzumu, iespējams, nav konstatēta tāpēc, ka nav fiksēti visi parauglaukumos esošie celmi. To apstiprina Latvijā veiktie pētījumi par *Heterobasidion* spp. sekundāro izplatību kūdras augsnēs (Gaitnieks et al., 2022). Iepriekšminētajā pētījumā celmi



netika atrasti 53% no *Heterobasidion* spp. genotipiem, kas raksturoja sēnes izplatību „no koka uz koku”. Pat relatīvi lielos genotipos, kas ietvēra vairāk kā 10 augošas/kaltušas egles, netika atrasti celmi. Atšķirībā no minerālaugsņēm, kur dzīvotspējīgs *Heterobasidion* spp. micēlijs ir atrasts 45 gadus vecos celmos (Gaitnieks et al.,

2021), kūdras augsnēs, celmi, īpaši, ja tie nav liela diametra, ātri sadalās. To veicina bagātīgā veģetācija, kas nodrošina ēnojumu un mitrumu. Celmu un sakņu noārdīšanos kūdras augsnēs sekmē arī aerācija (Laiho et al., 2004), jo visi parauglaukumi reprezentē nosusinātos meža tipus. Celmu noārdīšanos veicina arī analizēto augšņu nodrošinājums ar barības vielām (Gaitnieks et al., 2016). Gan barības vielas, gan aerācija, savukārt, paaugstina bioloģisko procesu aktivitāti, tātad arī koksnes noārdīšanos. Tāpēc, iespējams, kopējais celmu un koku skaits parauglaukumos, kur konstatēta augsta inficētība ar *Heterobasidion* spp., kādreiz ir bijis lielāks, kas saistīts ar iepriekšējo mežsaimniecības praksi – koku skaits stādītās platībās pārsniedza 4000 uz hektāru.

**1.5. tabula. *Armillaria* spp. sastopamību ietekmējošie faktori parauglaukumos.**

<b>P1</b>	<b>Vidējais ievākto rizomorfu tilpums, cm<sup>3</sup></b>	<b>Koku, celmu skaits uz 100 m<sup>2</sup></b>	<b>Audzies atjaunošanas veids</b>	<b>Gadi kopš sastāva kopšanas/sanitārās/kopšanas circes</b>	<b>Vidējais rizomorfu tilpums (cm<sup>3</sup>) 100x100x30 cm augsnes</b>	<b>Vidējais rizomorfu garums (cm) 100x100x30 cm augsnes</b>
T	0,07	8,8	Stādīta	1993, 1996	8,92	2503
K1	0,43	17,0	Stādīta	1980	55,03	11187
K2	0,14	20,0	Stādīta	1980	18,30	5926
P	0,11	16,0	Stādīta	-	14,08	3042
O	0,16	19,5	Dabīgā atj.	1978, 2014	20,38	3961
S	0,22	10,5	Stādīta	2003	27,79	7260

### **Rizomorfu daudzums augsnē uz platības/tilpuma vienību**

Ievākto rizomorfu tilpums tika izteikts uz vienu kvadrātmetru 30 cm dziļumā. Analizētajās platībās vidējais rizomorfu tilpums ir 27,82 cm<sup>3</sup> rizomorfu kvadrātmetra augsnes platībā 30 cm dziļumā. Lielākais vidējais rizomorfu tilpums uz vienu kvadrātmetru augsnes ir K1 parauglaukumā (1.5. tabula). Šajā parauglaukumā ir arī augstākais *Heterobasidion* spp. infekcijas īpatsvars, bet koku skaits ir 17 koki un celmi uz 100 m<sup>2</sup>. Tomēr, kā jau iepriekš minēts, liela daļa mazāka diametra celmu, visticamāk, netika atrasti.

Savukārt, K2 parauglaukumā, kur ir lielākais koku un celmu skaits uz 100 m<sup>2</sup>, *Armillaria* spp. rizomorfu tilpums kvadrātmetra augsnes platībā 30 cm dziļumā ir tikai 18,30 cm<sup>3</sup>, toties *Heterobasidion* spp. īpatsvars ir otrs augstākais starp parauglaukumiem – 45%. Mazākais vidējais rizomorfu tilpums uz vienu kvadrātmetru 30 cm dziļumā augsnes ir T parauglaukumā, kur ir viszemākais *Heterobasidion* spp. infekcijas īpatsvars un arī mazākais koku un celmu skaits uz 100 m<sup>2</sup>.

Somijā veiktos pētījumos rizomorfu daudzums dažādos meža tipos ar minerālaugsneņiem izteikts kā garums (cm) kvadrātdecimetra ( $\text{dm}^2$ ) augsnes platībā humusa slānī. Minētajā pētījumā katrā parauglaukumā, izmantojot lāpstu, no humusa slāņa randomizēti ievākti pieci līdz desmit paraugi aptuveni  $15 \times 15$  cm platībā. Paraugi ievākti līdz minerālaugsnes horizontam, un humusa slāņa biezums sausākajos meža tipos bija 4 – 5 cm, bet mitrākajos meža tipos: 5 – 10 cm (Hintikka, 1974). Mūsu ievāktajiem paraugiem ir zināms precīzs augsnes slāņa dziļums, bet V. Hintikka veiktajā pētījumā tas ir tikai aptuvenš.

Iepriekšminētajā, Dienvidsomijā veiktajā pētījumā, auglīgākajā no aplūkotajiem meža tiptiem starp visām audzēm rizomorfu garums augsnes kvadrātdecimetra platībā vidēji ir 23,4 cm. Mūsu pētījumā kūdreņos ievāktajos paraugos rizomorfu vidējais kopējais garums ir 6253,5 cm kvadrātmetra platībā 30 cm dziļumā. Pārreķinot rizomorfu vidējo garumu pēc V. Hintikka (1974) algoritma augsnes kvadrātdecimetra platībā 30 cm dziļumā, iegūtais vidējais rizomorfu garums ir 62,5 cm. Arī citu autoru pētījumos secināts, ka organiskās vielas augsnē stimulē rizomorfu attīstību un ka rizomorfas pamatā attīstās humusa slānī (Redfern, 1973; Morrison, 1982).

Lai izvērtētu *Armillaria* spp. un *Heterobasidion* spp. mijiedarbību, papildus rizomorfu paraugi tika ievākti no kalnu stāvošām eglēm vai svaigiem celmiem egļu audzēs, kas stipri inficētas ar *Heterobasidion* spp. Paraugi no eglēm, kurām tika konstatēti gan *Heterobasidion* spp., gan *Armillaria* spp., augļķermeņi tika izdalīti atsevišķi. Pavisam apsekotas 23 audzes MPS teritorijā Kalsnavas mežu novadā, VD reģiona Ogres iecirknī, kā arī SIA “Rīgas meži” Tīreļu un Olaines mežniecībās. Visas analizētās audzes pārstāvēja damakšņa, vēra meža tipus un āreņus. Pavisam tika ievākti 68 rizomorfu paraugi, 42 ir noteikta suga, 39 paraugi (93%) bija *Armillaria cepistipes*, bet trīs paraugi (7%) pārstāvēja *A. borealis*. Šobrīd tiek veikta pārējo paraugu analīze.

### ***Armillaria* spp. diagnostika audzē**

*Armillaria* spp. izraisītās infekcijas pazīmes egļu audzēs (skuju dzeltēšana, skrajš vainags, sveķojumi uz stumbra, kalnušī koki) ir līdzīgas *Heterobasidion* spp. izraisītajai trupeī (1.11. attēls), tāpēc ļoti bieži ir grūti pierādīt, vai primārā ir sakņu piepes vai celmenes infekcija. Somu zinātnieks K. Korhonen (viedokļu apmaiņa) uzskata, ka *Armillaria* spp. pamatā inficē kokus, ja tie ir novājināti vai pakļauti stresa apstākļiem.



**1.11. att. *Heterobasidion* spp. infekcijas centrs egļu audzē. Uz kalnu koku stumbriem un virszemes saknēm sastopami arī celmenes augļķermeņi .**

*Armillaria* spp. izraisītais apdraudējums ir saistīts ar to, ka sēne ir ļoti plaši izplatīta, ko veicina intensīvi attīstīts rizomorfu tīkls. Rizomorfas arī ir viens no raksturīgākajiem indikatoriem, kas liecina par *Armillaria* spp. infekciju. Taču šajā gadījumā, protams, jāņem vērā, ka koksni var kolonizēt arī mazāk patogēnās celmeņu sugas. Ļoti raksturīga *Armillaria* spp. infekcijas pazīme ir balts micēlija klājums pie skaņu kakla vai aptuveni līdz viena metra augstumam uz kalnu, stāvošu koku stumbra zem mizas (1.12. attēls).



**A**



**B**



**C**

**1.12. att. Ar *Armillaria* spp. inficētas egles: A, B – *Armillaria* spp. klājenisks micēlijs un rizomorfas uz kaltošu egļu stumbra, C – klājenisks micēlijs uz stumbra pamatnes.**

Parasti novērojams arī sveķojums uz atsegtām virszemes saknēm un sakņu kakla. Raksturīga *Armillaria* spp. infekcijas pazīme egļu celmos ir dobums, kas, atšķirībā no *Heterobasidion* spp. izraisītās trupes, ir izteikti norobežots ar veselo koksni (1.13. attēls).



A



B

1.13. att. *Armillaria* spp. (A) un *Heterobasidion* spp. (B) izraisītā trupe egļu celmos.

Protams, līdzīgi, kā attiecībā pret sakņu piepi, visdrošākais diagnostikas veids *Armillaria* spp. klātbūtnes noteikšanai ir augļķermeņi, taču tie parasti ir novērojami tikai neilgu laiku. Tomēr, dažkārt augļķermeņu atliekas (kātus) uz koka stumbra ir iespējams konstatēt pēc ilgāka laika perioda (1.14. attēls).



A



B

1.14. attēls. Celmenes augļķermeņu atliekas vairākus mēnešus pēc augļķermeņu izveidošanās; A – augļķermeņu atliekas uz stumbra, B – augļķermeņu atliekas uz sakņu kakla.

### 1.2.3. Secinājumi

1. Analizētajās kūdras augsnēs *Armillaria* spp. rizomorfu kopējais garums uz vienu kvadrātmetru augsnes 30 cm dziļumā vidēji sasniedz 6,2 m, kas apmēram trīs reizes pārsniedz citu autoru konstatēto rizomorfu kopējo garumu minerālaugsnēs.
2. Kūdras augsnēs pētītajos parauglaukumos dominē mazāk patogēnā *A. cepistipes* (85% paraugu), bet vairāk patogēnā *A. borealis* ir mazāk sastopama (35% paraugu).
3. Sakņu piepes infekcija sekmē *Armillaria* spp. izplatību, jo
  - a. inficētie koki ir novājināti un vairāk pakļauti *Armillaria* spp. infekcijai;
  - b. *Heterobasidion* izraisa koku bojāeju, tādējādi palielinot trupējušās koksnes daudzumu.
4. Koksnes substrāta (sastāva kopšanas cirtēs atstātās egles, izgāzti koki/celmi) pieejamība veicina *Armillaria* spp. izplatību.

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

Skuju koku celmiem ir izšķiroša nozīme sakņu trupi izraisošās sēnes – sakņu piepes (*Heterobasidion* spp.) epidemioloģijā, jo sēnes micēlijs trupējušu celmu saknēs var saglabāties vismaz 45 gadus (Gaitnieks et al., 2021). Tāpēc trupējušu celmu izstrāde inficētās platībās ir visefektīvākā metode, kā ierobežot sakņu piepes sekundāro infekciju, respektīvi, micēlija pārnesi no inficētu uz veselu koku saknēm. Tomēr, veicot celmu raušanu, augsnē paliek trupējušu sakņu fragmenti, kas var inficēt iestādīto kociņu saknes. Somijā veiktie pētījumi liecina, ka minerālaugsnēs trupējušos sakņu fragmentos egles sakņu piepes (*Heterobasidion parviporum*) micēlijs saglabā dzīvotspēju vismaz sešus gadus (Piri, Hamberg, 2015). Kūdras augsnēs līdz šim šādi pētījumi nav veikti. Pētījuma mērķis ir novērtēt *Heterobasidion* micēlija dzīvotspēju trupējušos egles sakņu fragmentos un iespēju inficēt skuju koku saknes kūdras un minerālaugsnēs.

Eksperiments tika ierīkots 2017. gadā, blakus egļu un priežu stādiem, augsnē iestrādājot dažāda tilpuma (50–300 cm<sup>3</sup>) ar sakņu piepi inficētu egļu sakņu fragmentus. Detalizēta eksperimenta ierīkošanas gaita un iepriekš iegūtie rezultāti aprakstīti LVMI Silava pētījuma „Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” noslēguma pārskatā 2020. gadā.

2022. gada jūnijā veikta visu divpadsmit parauglaukumu (seši priedes un seši egles parauglaukumi) apsekošana un marķējuma atjaunošana. Kaltuši stādi – divi egļu un četri priežu stādi – atrasti attiecīgi vienā egļu un divos priežu parauglaukumos (1.6. tabula). Papildus 2022. gada oktobrī analizēti pieci egļu un divi priežu stādi un pie tiem ieraktie sakņu fragmenti.

1.6. tabula. Ievāktu skuju koku stādu un sakņu fragmentu raksturojums.

Materiāla raksturojums	Koku vai sakņu fragmentu skaits	Analizēto koksnes paraugu skaits	<i>Heterobasidion</i> infekcija (koku vai sakņu fragmentu skaits)
Egles kopā	7	36	1 no 7
Nokaltušas egles	2	16	1

Augošas egles	5	20	0
<b>Priedes kopā</b>	<b>6</b>	<b>40</b>	<b>0 no 6</b>
Nokaltušas priedes	4	32	0
Augošas priedes	2	8	0
<b>Sakņu fragmenti kopā</b>	<b>30</b>	<b>120</b>	<b>4 no 30</b>
50 cm <sup>3</sup> tilpuma sakņu fragmenti	8	32	1
100 cm <sup>3</sup> tilpuma sakņu fragmenti	8	32	0
<b>Materiāla raksturojums</b>	<b>Koku vai sakņu fragmentu skaits</b>	<b>Analizēto koksnes paraugu skaits</b>	<b><i>Heterobasidion</i> infekcija (koku vai sakņu fragmentu skaits)</b>
200 cm <sup>3</sup> tilpuma sakņu fragmenti	6	24	2
300 cm <sup>3</sup> tilpuma sakņu fragmenti	8	32	1

Pavisam ievākti 30 trupējušo sakņu fragmenti (astoņu analizēto sakņu paraugu tilpums bija 50, 100 un 300 cm<sup>3</sup>, sešu paraugu tilpums bija 200 cm<sup>3</sup>), kuros novērtēta *Heterobasidion* micēlija sastopamība. No sakņu fragmentiem iegūti koksnes paraugi, kas sterilizēti liesmā un uzlikti Petri platēs uz Hagem barotnes. Petri plates pārbaudītas ik pēc 2–3 dienām, lai tūrkultūrā izdalītu *Heterobasidion* micēliju. No nokaltušajiem skuju koku stādiem paņemtas 4–6 0,5 cm biezas ripas maksimāli tuvu sakņu kaklam, un iegūtie koksnes paraugi apstrādāti pēc tādas pašas metodikas, kā tie, kas iegūti no trupējušo sakņu fragmentiem.

*Heterobasidion* infekcija konstatēta tikai vienam egles stādam. Blakus inficētajam stādam augsnē bija ierakti divi 100 cm<sup>3</sup> lieli inficēti sakņu fragmenti.

Citā LVMI Silava veiktā pētījumā, novērtējot *Heterobasidion* micēlija sastopamību augsnē palikušos sakņu fragmentos, sešus gadus pēc celmu izstrādes dzīvotspējīgs micēlijs tika izdalīts no 1,5% analizēto sakņu (Burņeviča et al., 2021).

### 1.3.1. Secinājumi

1. *Heterobasidion* micēlijs saglabā dzīvotspēju augsnē ieraktos dažāda tilpuma trupējušos egļu sakņu fragmentos vismaz piecu gadu laikā.

## 1.4. Stādījumu monitorings celmu izstrādes parauglaukumos

Celmu izstrāde tiek uzskatīta par vienu no efektīvākajām metodēm, lai samazinātu *Heterobasidion* un *Armillaria* izraisītās sakņu trapes bojājumus nākamajos koku stādījumos (Vasaitis et al., 2008; Cleary et al., 2013). Latvijā 2011.–2012. gadā ierīkoti pieci ilgtermiņa parauglaukumi, lai novērtētu celmu izstrādes ietekmi uz sakņu trapes izplatību, kā arī izvērtētu šādas prakses ekoloģiskos un ekonomiskos aspektus.

### 1.4.1. Metodika

Lai novērtētu *Heterobasidion* un *Armillaria* izraisītās sakņu trapes izplatību mežaudzēs pēc celmu izstrādes, pieci celmu izstrādes objekti (1.7. tabula) apsekoti 2022. gada septembrī. Visos parauglaukumos – gan kontroles, gan tajos, kur veikta celmu izstrāde – koku vitalitāte tika novērtēta uz transekta (garākā diagonāle), atzīmējot kaltošos kokus. No katra kaltošā koka ievākti četri koksnes paraugi (ripas), kas secīgi numurētas, sākot no sakņu kakla. Ripas nogādātas laboratorijā, lai noteiktu sakņu piepes sastopamību. Ripas nomizotas, mazgātas, ievietotas atsevišķos polietilēna maisiņos un nedēļu inkubētas istabas temperatūrā. Pēc inkubācijas perioda ripas mikroskopētas, un pēc sakņu piepes konīdiju klātbūtnes noteikts, vai koks ir bijis inficēts.

1.7. tabula. Pētījumu objektu raksturojums.

Parauglaukums	Audzes atslēgas kods	Meža tips
Rembate	501-360-9	Dm
Nītaure	410-58-34	Dm
Stende	714-188-9	Vr
Jaunpils	603-326-7	Vr
Dursupe	712-437-8	Dm

### 1.4.2. Rezultāti

Kopumā analizētajos parauglaukumos konstatēti seši kaltoši stādi – trīs no tiem Rembates parauglaukumā, divi Stendes un viens – Jaunpils parauglaukumā (1.8. tabula).

Sakņu piepes infekcija konstatēta diviem kaltošajiem stādiem – vienam no celmu izstrādes parauglaukuma un vienam – no kontroles platības.

1.8. tabula. Koku vitalitāte pētījumu objektos.

Parauglaukums	Kaltošo koku skaits (izstrādātā / kontroles platība)	Ar sakņu piepi inficēto koku skaits (izstrādātā / kontroles platība)
Rembate	3/0	1/0
Nītaure	0/0	0/0
Stende	2 (4 dzīvnieku bojāti) /0 (4 dzīvnieku bojāti)	0/0



Jaunpils	0 (3 dzīvnieku bojāti) /1 (1 dzīvnieka bojāts)	0/1
Dursupe	0/0	0/0

Iepriekšējos pētījumos ierīkotajos celmu izstrādes parauglaukumos, analizējot vairāk kā 1000 augsnē palikušo sakņu fragmentu no 200 eglēm pēc celmu izstrādes, *Heterobasidion* micēlijs tika izdalīts no 21,4% trupējušo sakņu fragmentu. Tomēr divos parauglaukumos sakņu trupī pamatā izraisīja *Armillaria* spp. (Burņeviča et al., 2021). Jaunākie pētījumi Igaunijā liecina, ka celmu izstrāde būtiski samazina *Heterobasidion* infekcijas risku tikai stipri inficētās platībās (Aosaar et al., 2020). *Heterobasidion* sekundārās infekcijas risks egļu audzēs būtiski pieaug, kad koki ir sasnieguši 10 gadu vecumu (Piri, Korhonen, 2001). Tāpēc arī turpmāk nepieciešams veikt stādījumu monitoringu, lai izvērtētu sakņu piepes un celmenes infekcijas riskus saistībā ar celmu izstrādi.

### 1.5. Dažāda augstuma mazo dimensiju celmu ietekme uz trapes izplatību sastāva kopšanas cirtēs

Sakņu piepes attīstību koksni ietekmē celmu augstums, jo augstākos celmos ir lielāks sēnei pieejamā substrāta daudzums (Gunulf, 2012), kas varētu veicināt patogēna micēlija attīstību. Taču augstāki celmi ātrāk izžūst, kas savukārt negatīvi ietekmē *Heterobasidion* spp. attīstību (Bendz-Hellgren, 1998), turklāt paiet ilgāks laiks, kamēr *Heterobasidion* spp. micēlijs sasniedz sakņu sistēmu (Gunulf, 2012) un šajā laikā patogēna attīstību koksni var inhibēt citas koksni kolonizējošas sēnes (Oliva, 2013).

No praktiskā viedokļa, priekšroka būtu zemākiem celmiem, taču, lai ilgtermiņā samazinātu sakņu trapes sekundāro izplatību, svarīgi ir noskaidrot, kā celma augstums ietekmē patogēna saglabāšanos koksni – īpaši spēju ieaugt dziļāk saknēs un kolonizēt sakņu sistēmu.

Kopā ar LVM darbinieku Monvīdu Strautiņu (VD 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 (50 cm) un 75 (15 cm) zemie 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 pavasarī paradzēta paraugu ievākšana, lai noskaidrotu kontroles un apstrādāto celmu inficētību ar *Heterobasidion*.

### 1.6. Sagatavota zinātniskā publikācija

Pārskata periodā apstiprinātas publikācijas par (i) sakņu piepes genotipu attīstību kūdras augsnēs (Gaitnieks et al., 2022). Spread of *Heterobasidion* genotypes in Norway spruce stands on drained peat soil in Latvia, *Canadian Journal of Forest Research*, DOI: 10.1139/cjfr-2021-0309); (ii) publikācija par sēņu sugu daudzveidību priedes koksni (Zaļuma et al., 2022). Longterm pathological consequences of resin tapping wounds on stems of Scots pine, *Trees*, DOI:

10.1007/s00468-022-02307-y); (iii) publikācija par celmu izstrādes ietekmi uz sēņu daudzveidību augsnē (Burnevica et al., 2022). Impact of Stump Removal on Communities of Ectomycorrhizal and Other Soil Fungi in Norway Spruce Stands of Latvia. Diversity 2022, 14, 673. <https://doi.org/10.3390/d14080673>.

## 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

Eiropā plašāk pielietotais bioloģiskais preparāts Rotstop tika izstrādāts 1994. gadā (Korhonen et al., 1994). Igaunijā preparāts Rotstop reģistrēts 2004., bet Latvijā 2007. gadā (Kenigšvalde et al., 2016). Somijā regulāri tiek veikts Rotstop preparāta efektivitātes monitorings, un šāda prakse ir aprobēta arī Latvijā. Lielās pergamentsēnes *P. gigantea* oīdiju saturošo bioloģisko preparātu efektivitāti pamatā nosaka sēnes micēlija augšanas ātrums koksniē (Pratt et al., 2000; Sun et al., 2009a). Turklāt svarīgi ir novērtēt ne tikai vertikālo augšanas ātrumu, bet arī horizontāli, respektīvi, sēnes micēlija aizņemto laukumu. Šis rādītājs nosaka: 1) cik efektīvi sēnes micēlijs spēj kolonizēt celma virsmu, neļaujot attīstīties *Heterobasidion* sporām; 2) ieaugot dziļāk celmos un strauji izplatoties radiāli, *P. gigantea* micēlijs kolonizē koksnes substrātu, ko pretējā gadījumā varētu aizņemt *Heterobasidion* (Zaļuma et al., 2019). Bioloģiskā preparāta Rotstop sastāvā ir viens 1994. gadā izdalīts lielās pergamentsēnes izolāts (Korhonen et al., 1994), un ģenētiski viendabīga izolāta plašs pielietojums ilgtermiņā var ietekmēt citu celmus kolonizējošo sēņu daudzveidību (Vasiliauskas et al., 2004; 2005), tāpēc vairākās valstīs tiek veikti pētījumi, lai atrastu efektīvus vietējās izcelsmes izolātus (Kenigšvalde et al., 2016).

Novērtējot bioloģiskā preparāta Rotstop efektivitāti, vienlaicīgi tika pārbaudīts arī Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolātu augšanas ātrums koksniē.

#### 2.1.1. Materiāls un metodes

Egles un priedes koksniē novērtēts 10 *P. gigantea* izolātu vidējais augšanas ātrums un salīdzināts ar bioloģiskā preparāta Rotstop sastāvā esošo *P. gigantea* izolātu. Eksperimentā izmantoti pieci *P. gigantea* izolāti, kas izdalīti no priedes koksnes un pieci *P. gigantea* izolāti, kas izdalīti no egles koksnes. Izolāti ievākti MPS Kalsnavas mežu novadā un VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā.

## 2.1.2. Rezultāti

### *P. gigantea* laboratorijas rādītāju analīze

Laboratorijā veikts *P. gigantea* Latvijas izolātu un preparāta Rotstop sastāvā esošā *P. gigantea* izolāta augšanas ātruma, antagonisma pret *Heterobasidion* spp. un oīdiju produkcijas uz iesala-agara barotnes novērtējums (2.1. tabula).

Konstatēts, ka astoņu *P. gigantea* Latvijas izolātu augšanas ātrums  $6,2 \pm 0,05 \dots 6,9 \pm 0,0$  mm dienā<sup>-1</sup> būtiski neatšķiras no bioloģiskā preparāta Rotstop sastāvā esošā *P. gigantea* izolāta augšanas ātruma ( $7,2 \pm 0,06$  mm dienā<sup>-1</sup>), izolāts K4 uzrāda būtiski lielāku augšanas ātrumu –  $9,8 \pm 0,04$  mm dienā<sup>-1</sup> ( $p < 0,05$ ).

Izvērtējot *P. gigantea* izolātu antagonismu pret *H. annosum* un *H. parviporum*, konstatēts, ka divi *P. gigantea* Latvijas izolāti uzrāda lielāku pārauguma zonas vidējo pieaugumu  $0,8$  mm dienā<sup>-1</sup> pār *H. annosum* s.s., salīdzinot ar Rotstop ( $0,7$  mm dienā<sup>-1</sup>). Viens *P. gigantea* Latvijas izolāts uzrāda lielāku pārauguma zonas vidējo pieaugumu  $1,0$  mm dienā<sup>-1</sup> pār *H. parviporum*, salīdzinot ar Rotstop ( $0,9$  mm dienā<sup>-1</sup>); trīs *P. gigantea* Latvijas izolātu (Ka1, Ka2, Ka7) pārauguma zonas vidējo pieaugumu vērtības neatšķiras no Rotstop.

2.1. tabula. *P. gigantea* izolātu laboratorijas rādītāji.

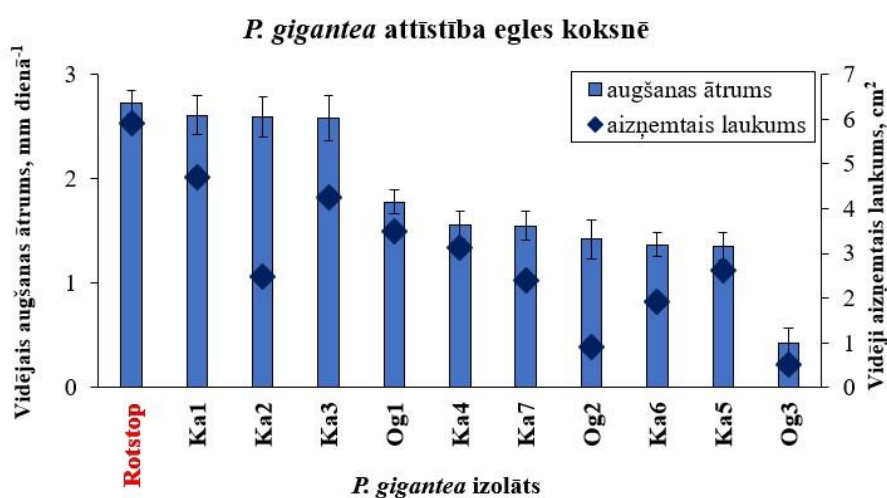
<i>P. gigantea</i> izolāts	Antagonisms pret <i>Heterobasidion</i> , vidējais micēlija pārauguma zonas pieaugums, mm dienā <sup>-1</sup>		Vidējais augšanas ātrums uz iesala-agara, mm dienā <sup>-1</sup>	Sporu skaits, milj. Petri platē
	<i>H. annosum</i> s.s.	<i>H. parviporum</i>		
Ka1	0,8	0,9	6,3	20,3
Ka2	0,4	0,9	5,7	41,6
Ka3	0,3	0,8	6,5	40,7
Ka4	0,4	0,8	9,8	8,6
Ka5	0,3	0,4	6,2	1,6
Ka6	0,4	1,0	6,9	56,1
Ka7	0,6	0,9	6,6	19,1
Og1	0,4	0,3	6,3	10,1
Og2	0,8	0,7	6,5	37,5
Og3	0,7	0,8	6,5	18,5
Rotstop	0,7	0,9	7,2	15,5

Analizēto *P. gigantea* izolātu oīdiju produkcija bija 1,6–56,1 miljoni sporu Petri platē, Rotstop izolāta – 15,5 milj. sporu Petri platē. Būtiski lielāku oīdiju produkciju par Rotstop uzrādīja četri (no 10 analizētajiem) *P. gigantea* Latvijas izolātiem ( $p < 0,05$ ).

Darba gaitā veikta arī citu LVMI Silava rīcībā esošo *P. gigantea* izolātu kultūru kolekcijas izolātu pārstādīšana (116 paraugi).

### *P. gigantea* augšanas ātrums koksnē

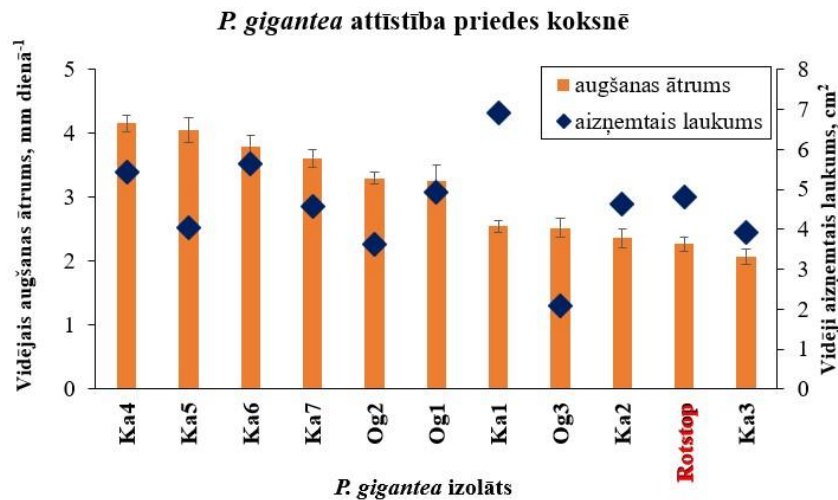
*P. gigantea* izolātu augšanas ātrums analizēts 30 priedes un egles blukīšos. Desmit *P. gigantea* Latvijas izolātu vidējais augšanas ātrums egles koksnē bija  $0,43 \pm 0,14 \dots 2,61 \pm 0,19$  mm dienā<sup>-1</sup> (2.1. attēls). Konstatēts, ka *P. gigantea* Latvijas izolāti uzrāda zemākas vidējā augšanas ātruma vērtības, salīdzinot ar Rotstop –  $2,73 \pm 0,11$  mm dienā<sup>-1</sup>. Tomēr trīs *P. gigantea* Latvijas izolātu uzrādītās vidējās augšanas ātruma vērtības būtiski neatšķiras no Rotstop ( $p > 0,05$ ).



#### 2.1. att. *P. gigantea* izolātu augšanas ātrums un aizņemtais laukums egles koksnē.

Salīdzinot analizēto *P. gigantea* izolātu vidēji aizņemto laukumu ( $0,52 \pm 0,25 \dots 4,70 \pm 0,87$  cm<sup>2</sup>), secināts, ka visi analizētie *P. gigantea* Latvijas izolāti uzrāda mazāku vidēji aizņemto laukumu, salīdzinot ar Rotstop izolātu –  $5,91 \pm 0,70$  cm<sup>2</sup> (2.1. attēls). Divu *P. gigantea* Latvijas izolātu (Ka1, Ka3) laukums būtiski neatšķiras no Rotstop ( $p > 0,05$ ).

*P. gigantea* Latvijas izolātu vidējais augšanas ātrums priedes koksnē bija  $2,08 \pm 0,12 \dots 4,16 \pm 0,13$  mm dienā<sup>-1</sup>, preparāta Rotstop –  $2,27 \pm 0,11$  mm dienā<sup>-1</sup>. *P. gigantea* Latvijas izolāti uzrādīja līdzvērtīgas vai pat augstākas vidējā augšanas ātruma vērtības; seši *P. gigantea* Latvijas izolāti uzrādīja būtiski augstākas vērtības ( $p < 0,05$ ) (2.2. attēls).



## 2.2. att. *P. gigantea* izolātu augšanas ātrums un aizņemtais laukums priedes koksnē.

*P. gigantea* Latvijas izolātu vidēji aizņemtais laukums priedes koksnē bija  $2,07 \pm 0,36 \dots 6,91 \pm 0,69$  cm<sup>2</sup>. *P. gigantea* Latvijas izolāti uzrāda līdzvērtīgas vai pat augstākas vidēji aizņemtā laukuma vērtības, salīdzinot ar Rotstop –  $4,81 \pm 0,57$  cm<sup>2</sup>; būtiski mazāks vidēji aizņemtais laukums konstatēts tikai izolātam Og3 ( $p < 0,05$ ) (2.2. attēls).

Konstatēta būtiska pozitīva korelācija starp *P. gigantea* vidējo augšanas ātrumu un vidēji aizņemto virsmas laukumu priedes koksnē ( $R = 0,824$ , pie  $\alpha = 0,05$ ).

Salīdzinājumā ar analizētajiem Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolātiem, egles koksnē preparāts Rotstop bija efektīvāks, taču priedes koksnē vairāki analizētie Latvijas izolāti uzrādīja augstākas micēlija attīstību raksturojošās vērtības. *P. gigantea* izolāti K1, K3, K4, K6 un OG1 ir iekļauti Meža mikoloģijas un fitopatoloģijas laboratorijas kolekcijā.

### 2.1.3. Secinājumi

1. Trīs no analizētajiem *P. gigantea* izolātiem egles koksnē uzrādīja līdzīgu augšanas ātrumu kā Rotstop izolāts.
2. Priedes koksnē analizētie Latvijas *P. gigantea* izolāti uzrāda lielāku augšanas ātrumu un aizņemto laukumu, salīdzinājumā ar Rotstop izolātu.

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

Kā antagonisti pret *Heterobasidion* spp. ir pārbaudītas dažādas sēņu sugas, starp tām arī egļu violetpiepe *Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvarden, rūgtā sērsēne *Hypholoma fasciculare* (Huds.: Fr.) P. Kumm. un dūmainā sērsēne *Hypholoma capnoides* (Fr.: Fr.) P. Kumm. (Holdenrieder, Greig, 1998) (2.3. attēls).



A

B

### 2.3. att. Egļu violetpiepe *T.abietinum* (A), *Hypholoma* spp. (B)

Pētījumos Norvēģijā secināts, ka apsaimniekotajos mežos *Trichaptum abietinum* ir sastopama biežāk uz egles nekā uz priedes koksnes (Stokland, Larsson, 2011). Latvijā novērots liels *T. abietinum* augļķermeņu daudzums uz izgāztām eglēm un lielu dimensiju egles mežizstrādes atliekām (Gaitnieks, nepublicēti dati). Salīdzinot *P. gigantea* un *T. abietinum* attīstību, *T. abietinum* ir mazāk atkarīga no celma diametra vai vecuma (Vasiliauskas et al., 2002). Negrutskii (1986) secinājis: ja *Heterobasidion* un *T. abietinum* kolonizē priedes koksni vienā un tajā pašā laikā, tad sadalīšanās procesu vairāk ietekmē *T. abietinum*.

Tā kā *P. gigantea*, salīdzinājumā ar *Heterobasidion* spp., ir jutīgāka pret izzūšanu (Rishbeth, 1959), *T. abietinum* varētu būt augstāka efektivitāte karstā un sausā laika periodā, kas klimata pārmaiņu ziņā ir ļoti svarīgi. Klimata pārmaiņas varētu veicināt vairāku patogēnu, tostarp *Heterobasidion*, attīstību. Optimālā augšanas temperatūra *T. abietinum* ir aptuveni 10°C augstāka par *Heterobasidion* sēņu kompleksa sugu optimālo temperatūru un Negrutskii (1986) norāda, ka lielāku efektivitāti pret *Heterobasidion* sporu infekciju priežu celmos karstās vasarās varētu uzrādīt tieši *T. abietinum*. Somijā veiktos pētījumos Kallio (1971) konstatēja, ka *T. abietinum* ierobežo inficēšanos egļu celmos vasaras vidū, kad novērota augstākā *Heterobasidion* sporulācija (Brandtberg et al., 1996).

#### 2.2.1. Materiāls un metodes

#### Lauka darbu metodika

*Trichaptum abietinum* augļķermeņu un koksnes paraugi tika ievākti dažādās ar *Heterobasidion* spp. inficētās audzēs VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā un atsevišķi paraugi arī MPS Kalsnavas mežu novadā. Kopā tika ievākti 46 paraugi no koksnes un augļķermeņiem, pavisam no 16 izgāztām eglēm (2.4. un 2.5. attēls). Vairāki paraugi no viena izgāzta koka ņemti atšķirīgos attālumos, sākot no 15 centimetriem līdz pat 3 metriem (2.6. attēls). No viena koka tika ievākti 1 līdz 9 paraugi. Paraugus ievāca gan no koksnes, izmantojot cirvīti un zāģi, zem augļķermeņiem, gan arī no augļķermeņiem (augļķermeņa gabaliņš kopā ar mizu tika izgriezts ar nazi).



2.4. att. Izgāzta egle (koks Nr.2) ar *T.abietinum* auglķermeņiem Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijā.



A



B

2.5. att. Dažāda vecuma *T.abietinum* auglķermeņi (A,B) uz trupējušas egles koksnes.



A



B

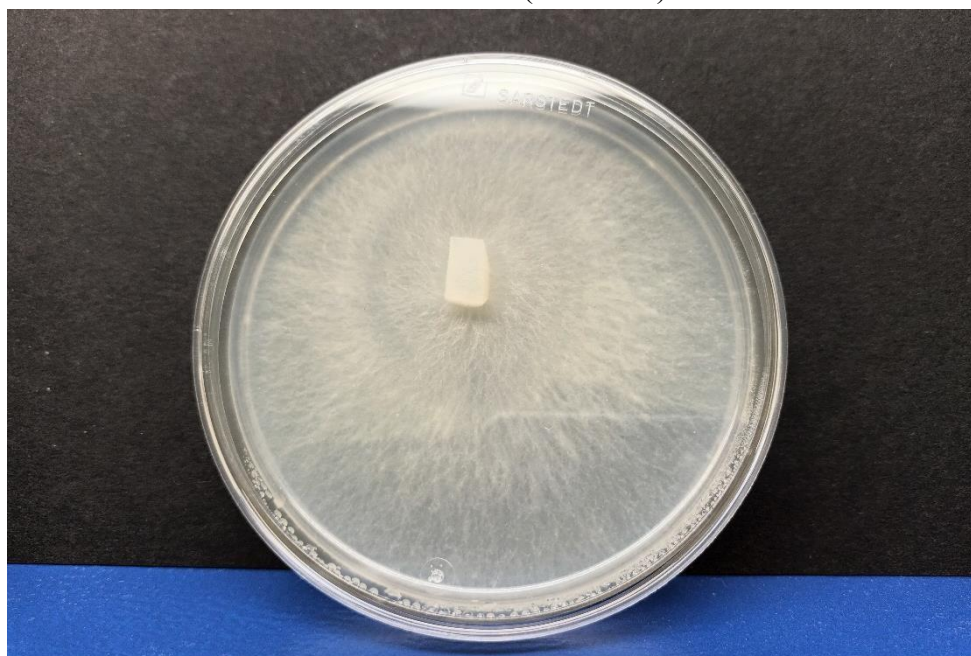
2.6. att. Koks Nr.2 (A) Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijā, paraugs Nr.3 (B), no kura izdalīts heterokariotisks micēlijs.

## Laboratorijas darbu metodika

LVMI Silava koksnes un augļķermeņu paraugi tika rūpīgi attīrīti no netīrumiem, atdalīti no mizas. Sēņu tīrkultūru micēlija iegūšanai izmantotas trīs metodikas:

- a) no koksnes paraugiem;
- b) no augļķermeņu gabaliņiem, kas sterilizēti 8% ūdeņraža peroksīdā;
- c) no sporām, kas iegūtas no augļķermeņiem.

Laboratorijā koksnes paraugi tika sadalīti mazākos gabalos ar sterilizētu skalpeli, to izmēri variēja no viena līdz trīs centimetriem. Koksnes gabaliņi tika sterilizēti uz liesmas pirms to likšanas uz Petri platēm (ar HAGEM agara ekstraktu), šādas plates tika izmantotas visās iepriekš minētajās metodēs. Paraugus inkubēja istabas temperatūrā, no koksnes iegūtos potenciālos *T. abietinum* izolātus (8 gab.) novērtēja izmantojot mikroskopu (palielinājums 100x) un tie tika salīdzināti ar references kultūru (2.7. attēls).



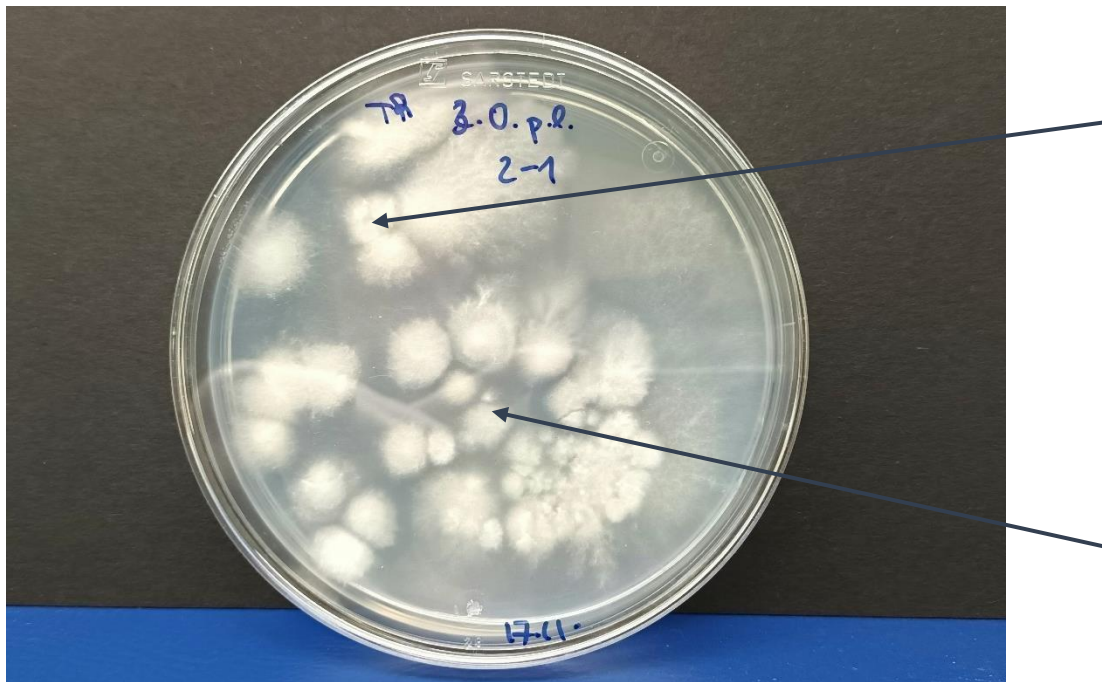
### 2.7. att. No koksnes izdalītais heterokariotiskais micēlijs (paraugs Nr.3 no koka Nr.2 Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijā).

Izolātu iegūšana no sēnes augļķermeņiem tika veikta izmantojot 8% peroksīdu - paraugi tika mērcēti peroksīdā 60 sekundes un pēc mērcēšanas skaloti trīs reizes dejonizētā ūdenī. Paraugu gabaliņi bija aptuveni 5x5 mm lieli, uz Petri plates tie tika kārtoti pa četriem no viena augļķermeņa: attālums starp paraugiem - 3 centimetri. Darba gaitā tika konstatēts, ka izmantojot šo metodi, izolātu iegūšana ir nesekmīga, lai gan šāda metodika ir aprakstīta pieejamajā literatūrā (Bilay, Elanskaya, 1982); arī ārzemju kolēģi (N. Psurtseva), uzskata, ka šī metodika nav perspektīva.

Iegūstot micēlijus no sporām, augļķermeņu gabaliņi (3x3 mm) tika fiksēti pie Petri trauka vāka apakšējās daļas ar vazelīna palīdzību 4 centimetru attālumā viens no otra (2.8. attēls). Petri



trauki tika inkubēti tumsā istabas temperatūrā. Pēc 3-4 dienām novēroja, kā no sporām, kuras izdalījušās no augļķermeņa, veidojās micēlijs. Micēlijs tika konstanti monitorēts ik pēc 2 dienām. Izmantojot šo metodiku tika iegūti 46 izolāti. Atšķirībā no koksnes paraugiem, kas reprezentē heterokariotisku micēliju, no sporām tiek iegūti ģenētiski atšķirīgi micēliji (K. Korhonen konsultācija). Problēmas ar izolātu iegūšanu, izmantojot šo metodi nebija, arī literatūrā šī ir pieminēta kā viena no efektīvākajām *T. abietinum* izolātu iegūšanas metodēm (Bilay, Elanskaya, 1982). Turpmākajā darbā paredzēts atsevišķi analizēt gan no koksnes, gan no sporām izdalītā micēlija īpašības.



**2.8. att. Augļķermeņu gabaliņu fiksācijas vietas pie Petri trauka vāka (bulta) un no augļķermeņu izdalītajām sporām izaugušais micēlijs.**

*Hypholoma* spp. veido micēlija kordas, kas nodrošina efektīvu izplatīšanos augsnē, kā arī sekmē rezistenci pret augsnes mikroorganismiem un mikrofaunu (Boddy, 2000). Ir pierādīta *Hypholoma* spp. antagonistiskā ietekme uz *Heterobasidion* *in vitro* un *in vivo* (Holdenrieder, 1984; Holmer, Stenlid, 1993; Łakomy et al., 2005). Tāpat ir konstatēts, ka *P. gigantea* un *H. fasciculare* var vienlīdz efektīvi kolonizēt egļu celmus (Cech et al., 2008). Uzskata, ka *Hypholoma* spp. skuju koku celmos saglabājas 6 – 13 gadus (Morrison, Redfern, 1994; Vasiliauskas et al., 2005). Tajā pat laikā pētījumi Somijā liecina, ka *P. gigantea* egļu celmos saglabājas 6 gadus, bet priežu celmos 3 gadus (Vainio et al., 2001). Ir noskaidrots, ka *H. fasciculare* uzrāda antagonismu pret *Armillaria* gan laboratorijas apstākļos, gan koksnē (Anselmi et al., 1994). Holmer un Stenlid (1996) pētījumā pierādīts, ka *H. capnoides* ir konkurētspējīgāka par koksnes substrātu salīdzinājumā ar *A. borealis*.

Vienlaicīga celmu apstrāde ar dažādām koksni noārdošām sēnēm varētu būt efektīvāka pret *Heterobasidion* infekciju nekā atsevišķu izolātu pielietojums, jo, konkurējot par substrātu, dažādas sēnes var aizņemt dažādas ekoloģiskās nišas. Piemēram, Vasiliauskas et al. (2005)

atzīmē *P. gigantea* stimulējošu ietekmi uz *H. capnoides* attīstību 4 – 6 gadus vecos egļu celmos. Arī Raziq un Fox (2005) secina, ka dažādu antagonistu vienlaicīgs pielietojums varētu būt efektīvāks par atsevišķiem antagonistiem. Kordas veidojošo sēņu izmantošana kopā ar *P. gigantea* varētu būt perspektīva kūdras augsnēs, lai ierobežotu ne tikai *Heterobasidion*, bet arī *Armillaria* spp.

### Sēņu antagonisma novērtējums pret *Heterobasidion* skuju koku ripās un blukīšos

Eksperiments tika ierīkots 2022. gada oktobrī. Pavisam izmantotas 84 skuju koku ripas (42 egles un 42 priedes). Ripas tika apstrādātas ar:

- 1) bioloģisko preparātu Rotstop;
- 2) Latvijas *P. gigantea* izolātu PG 382;
- 3) Latvijas izolātu *Hypholoma capnoides* S76;
- 4) Latvijas izolātu *Hypholoma fasciculare* HFSR72; 5) *Trichaptum* (Nīderlande, Fungal Biodiversity Center);
- 6) Ūdeni (kontrolē).

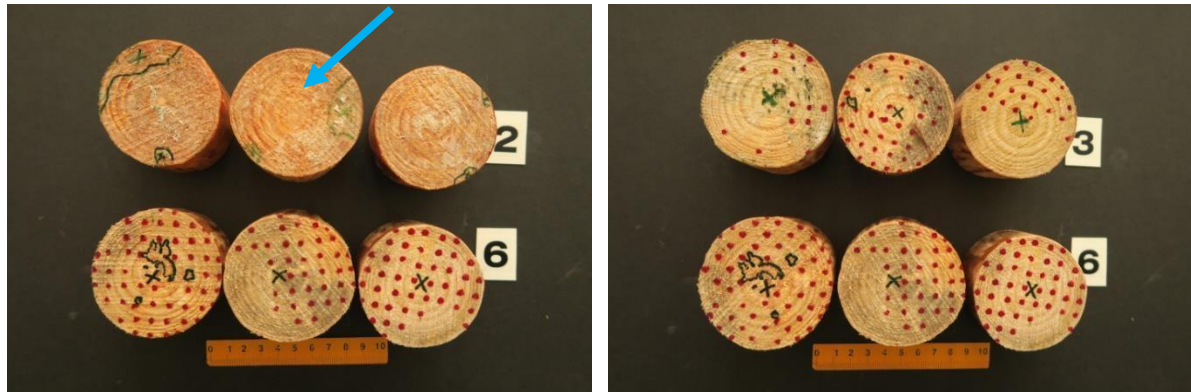
No katra varianta tika apstrādātas 7 ripas. Visu apstrādei izmantoto suspensiju koncentrācija bija 5000 sporas/ micēlija fragmenti mililitrā, izņemot *Trichaptum*, kur suspensijas koncentrācija bija 2000 micēlija fragmenti mililitrā.

Līdzīgi tika apstrādāti arī aptuveni 30 cm augsti blukīši (42 egles un 42 priedes). Sagatavotās ripas un blukīšus novietoja VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā ar *Heterobasidion* stipri inficētā egļu audzē (2.9. attēls).



2.9. att. Eksperimentam sagatavoto egļu blukīšu/ripu izvietošana ar *Heterobasidion* spp. stipri inficētā egļu audzē. Tuvākie sakņu piepes augļķermeņi norādīti ar bultām. *Heterobasidion* spp. augļķermeņi tika konstatēti arī uz vismaz četriem egļu cemiem un astoņiem izgāztiem kokiem 10-150 m attālumā no paraugu eksponēšanas vietas.

Tādējādi minētajā eksperimentā tiek novērtēta *Heterobasidion* bazīdijsporu infekcijas ietekme. Pēc ripu un blukīšu piecu dienu eksponēšanas audzē tās tika nogādātas LVMI Silava, kur pēc tam ripas 7 dienas un blukīši 30 dienas inkubēti klimata kamerā. *Heterobasidion* tika konstatēts pēc konīdijnesēju stadijas un *P. gigantea* pēc oranži brūnā krāsojuma koksne un micēlija raksturīgajām pazīmēm (2.10. attēls).



**2.10. att.** *P. gigantea* (norāde ar bultu) un *Heterobasidion* (sarkanie punkti) sastopamība analizētajās ripās (2 – apstrāde ar PG 382, 3 – apstrāde ar S76, 6 – kontrole).

Katrs blukītis tika sazāgēts piecās 4 cm biežās ripās, kuras laboratorijā apstrādātas pēc Zaluma et al. (2019a) metodikas. Pēc tam, izmantojot augstāk minēto metodiku, *Heterobasidion* un *P. gigantea* klātbūtne noteikta katras analizētās ripas apakšpusē. Iegūtie rezultāti par izmantoto sēņu antagonismu pret *Heterobasidion* dabisko infekciju skuju koku ripās ir apkopoti (2.2. tabulā).

**2.2. tabula.** Sēņu antagonisms pret *Heterobasidion* dabisko infekciju skuju koku ripās

Apstrādes variants	Priede			
	Vidēji aizņemtais relatīvais laukums, %		Inficēto ripu daudzums, %	
	<i>Heterobasidion</i>	<i>P. gigantea</i>	ar <i>Heterobasidion</i>	ar <i>P. gigantea</i>
<i>Rotstop</i>	0	13	0	43
<i>PG 382</i>	0	9	0	9
<i>Hypholoma capnoides</i> , S76	0	1	29	1
<i>Hypholoma fasciculare</i> , HFSR72	3	0	57	0
<i>Trichaptum</i> , TACBS	0	0	14	0
Kontrole, ūdens	2	0	57	0
Egle				
<i>Rotstop</i>	8	0	71	14
<i>PG 382</i>	12	6	86	57

<i>Hypholoma capnoides</i> , S76	8	0	86	0
<i>Hypholoma fasciculare</i> , HFSR72	7	1	100	0
<i>Trichaptum</i> , TACBS	7	0	71	0
Kontrolē, ūdens	15	0	86	0

Ar Rotstop un PG 382 apstrādātajās priežu ripās *P. gigantea* aizņemtais laukums vidēji bija 9-13% un *Heterobasidion* netika konstatēts. Kontrolē variantā *Heterobasidion* tika atrasts 57% analizēto priežu un 86% analizēto egļu ripu. Egļu ripās pēc apstrādes ar *Hypholoma* spp. vidējais *Heterobasidion* aizņemtais laukums bija līdzīgs kā pēc apstrādes ar Rotstop. Iegūtie dati apstiprina arī citu autoru pētījumus (Kenigsvalde et al., 2016), ka egles koksne lielā pergamentsēnē, tajā skaitā Rotstop, dažkārt nav pietiekami efektīva pret *Heterobasidion* īpaši, ja ir ļoti augsts *Heterobasidion* dabiskās infekcijas fons, kas, protams, bija arī mūsu eksperimentā.

Analizējot izmantoto antagonistisko sēņu efektivitāti pret *Heterobasidion* sporu infekciju skuju koku blūķīšos, secināts, ka Rotstop un Latvijas izolāti priedes koksne nodrošina vidēji 69% un 100%, bet egles koksne attiecīgi 53% un 55% efektivitāti pret *Heterobasidion* sporu infekciju (2.3. un 2.4. tabula). Šie rādītāji ir līdzīgi citu autoru iegūtajām vērtībām (Kenigsvalde et al., 2016).

**2.3. tabula. *P. gigantea* un *Heterobasidion* vidējais relatīvi aizņemtais laukums apstrādes variantos.**

	Apstrādes variants	Vidējais relatīvais laukums, %					Vidēji
		4 cm dziļumā	8 cm dziļumā	12 cm dziļumā	16 cm dziļumā	20 cm dziļumā	
Priedes ripas	<i>Heterobasidion</i>						
	<i>Rotstop</i>	0	0	0	2	14	<b>3</b>
	<i>PG 382</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
	<i>Hypholoma capnoides</i> , S76	7	5	12	12	26	<b>13</b>
	<i>Hypholoma fasciculare</i> , HFSR72	0	1	3	7	32	<b>9</b>
	<i>Trichaptum</i> , TACBS	0	0	0	0	10	<b>2</b>
	<i>Kontrolē, ūdens</i>	1	0	2	12	37	<b>10</b>
	<i>P. gigantea</i>						
<i>Rotstop</i>	100	100	97	70	58	<b>85</b>	
<i>PG 382</i>	99	95	92	87	53	<b>85</b>	

<i>Hypholoma capnoides</i> , S76	90	92	66	51	32	<b>66</b>
<i>Hypholoma fasciculare</i> , HFSR72	91	93	85	9	3	<b>56</b>
<i>Trichaptum</i> , TACBS	97	93	96	97	49	<b>86</b>
<i>Kontrole, ūdens</i>	100	98	93	25	1	<b>63</b>
<b>Heterobasidion</b>						
<i>Rotstop</i>	8	17	30	9	33	<b>19</b>
<i>PG 382</i>	12	18	26	15	22	<b>19</b>
<i>Hypholoma capnoides</i> , S76	68	65	42	23	32	<b>46</b>
<i>Hypholoma fasciculare</i> , HFSR72	67	65	54	5	24	<b>43</b>
Apstrādes variants	<b>Vidējais relatīvais laukums, %</b>					
	<b>4 cm dziļumā</b>	<b>8 cm dziļumā</b>	<b>12 cm dziļumā</b>	<b>16 cm dziļumā</b>	<b>20 cm dziļumā</b>	<b>Vidēji</b>
<i>Trichaptum</i> , TACBS	64	60	37	15	22	<b>40</b>
<i>Kontrole, ūdens</i>	64	66	42	18	19	<b>42</b>
<b>P. gigantea</b>						
<i>Rotstop</i>	76	63	17	15	0	<b>34</b>
<i>PG 382</i>	74	74	35	6	3	<b>38</b>
<i>Hypholoma capnoides</i> , S76	0	2	0	0	0	<b>0</b>
<i>Hypholoma fasciculare</i> , HFSR72	0	1	0	0	0	<b>0</b>
<i>Trichaptum</i> , TACBS	0	0	2	7	10	<b>4</b>
<i>Kontrole, ūdens</i>	7	0	0	0	0	<b>2</b>

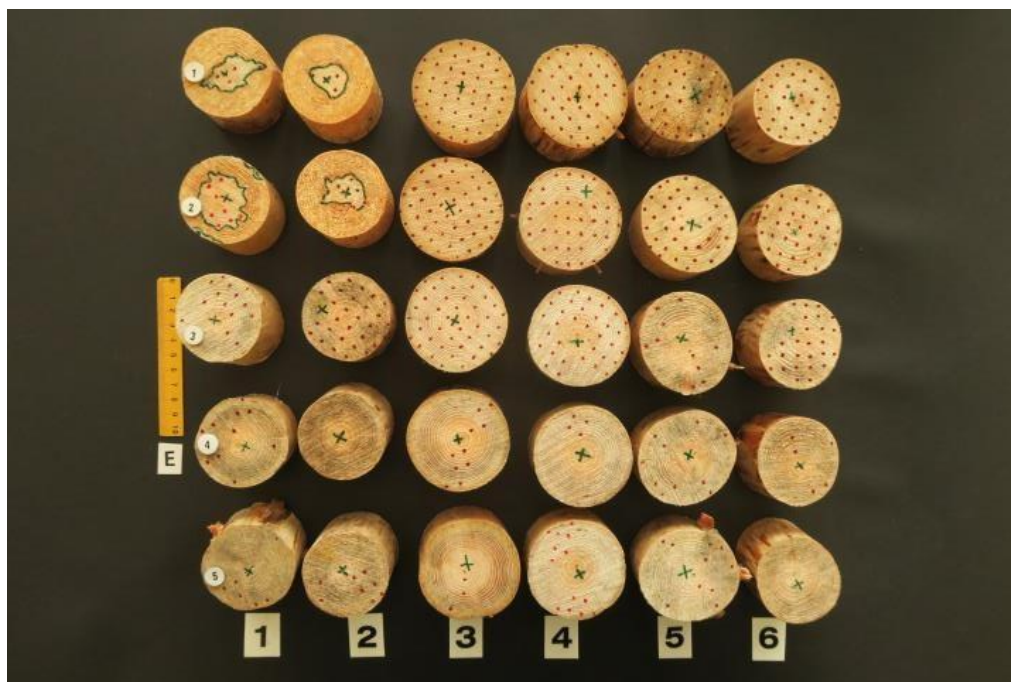
2.4. tabula. Analizēto sēņu efektivitāte pret *Heterobasidion sporu* infekciju egles un priedes blukīšos

	Apstrādes variants	Vidējā efektivitāte, %					
		4 cm dziļumā	8 cm dziļumā	12 cm dziļumā	16 cm dziļumā	20 cm dziļumā	Vidēji
Priedes ripas	<i>Rotstop</i>	100	-*	100	84,33	63,12	<b>69,84</b>
	<i>PG 382</i>	100	-*	100	100	100	<b>100</b>

	<i>Hypholoma capnoides, S76</i>	0	-*	0	1,8	29,82	<b>0</b>
	<i>Hypholoma fasciculare, HFSR72</i>	100	-*	0	45,2	12,67	<b>17,73</b>
	<i>Trichaptum, TACBS</i>	100	-*	100	100	73,75	<b>81,17</b>
	<i>Kontrole, ūdens</i>	0	-*	0	0	0	<b>0</b>
Egles ripas	<i>Rotstop</i>	87,77	74,07	26,86	51,07	0	<b>53,19</b>
	<i>PG 382</i>	81,27	73,19	37,6	14,85	0	<b>55,23</b>
	<i>Hypholoma capnoides, S76</i>	0	1,3	0	0	0	<b>0</b>
	<i>Hypholoma fasciculare, HFSR72</i>	0	1,07	0	71,88	0	<b>0</b>
	<i>Trichaptum, TACBS</i>	0	9	10,15	14,98	0	<b>4,66</b>
	<i>Kontrole, ūdens</i>	0	0	0	0	0	<b>0</b>

\*kontroles variantā netika konstatēts *Heterobasidion*

Interesanti, ka priedes koksnē atsevišķos apstrādes variantos *Heterobasidion* tika konstatēts tikai 4. un 5. analizētajā ripā, respektīvi, 16 – 20 cm dziļumā. Domājams, ka tuvāk celma virsmai *Heterobasidion* micēliju “izkonkurēja” eksperimentā iekļautās sēnes un dabiskā *P. gigantea*, bet patogēna micēlijs tomēr spēja samērā efektīvi ieaukt dziļāk koksnē (K. Korhonen konsultācija). Minētās atziņas apstiprina mūsu hipotēzi, ka svarīgi ir celmu apstrādes suspensijās (īpaši, ja tās ir jauktās suspensijas) iekļaut tādas sēnes, kas varētu ar *Heterobasidion* efektīvi konkurēt dziļāk koksnē, protams, ieaugot arī sakņu sistēmā. Priedes koksnē pēc apstrādes ar *Hypholoma* spp. un *Trichaptum abietinum* visās analizētajās ripās konstatēta arī dabiskā *P. gigantea*. Tās aizņemtais laukums vidēji ir 56 – 86% (2.11. attēls). Tas nav pārsteidzoši, jo neskatoties uz augsto *Heterobasidion* infekcijas fonu, aptuveni 40 m attālumā no eksperimenta ierīkošanas vietas tika atrastas lielu dimensiju mežizstrādes atliekas ar *P. gigantea* augļķermeņiem.



**2.11. att. *P. gigantea* un *Heterobasidion* sastopamība egles koksnē (horizontāli – apstrādes varianti: 1 – Rotstop, 2 - PG 382, 3 –*H. capnoides*, 4 - *H. fasciculare*, 5 –*T. abietinum*, 6 - kontrole; vertikāli: 1 – 5 no katra varianta analizētās ripas 4 – 20 cm dziļumā).**

Egles koksnē atšķirībā no priedes *Heterobasidion* aizņemtais laukums pēc apstrādes ar *Hypholoma* un *Trichaptum* blukšīšos dziļāk analizētajās ripās samazinās, un dabiskā *P. gigantea* (2 – 10% no ripas laukuma) konstatēta tikai pēc apstrādes ar *Trichaptum* 16– 20 cm dziļumā.

*H. fasciculare* izolāts HFSR72 un *H. capnoides* izolāts S76, kā arī *P. gigantea* izolāts PG 382 ir saglabāti Meža mikoloģijas un fitopatoloģijas laboratorijas kolekcijā.

#### **Atsevišķu *P. gigantea* izolātu un jaukto suspensiju ietekme uz *Heterobasidion***

Izmantojot *P. gigantea* izolātus, ilgtermiņā var tikt ietekmēta celmus kolonizējošo sēņu daudzveidība, tāpēc celmu apstrādei pret *Heterobasidion* sporu infekciju var:

- i. izmantot suspensiju, kas sastāv no vairākiem *P. gigantea* izolātiem;
- ii. suspensijas sastāvā kopā ar *P. gigantea* iekļaut arī citas koksni kolonizējošās sēnes.

Līdz šim ir veikti tikai atsevišķi šādi pētījumi un autori secina, ka, iekļaujot suspensijas sastāvā dažādu sugu sēnes, iespējams paaugstināt bioloģisko preparātu efektivitāti (Hamberg et al., 2012; Oliva et al., 2017).

Šajā eksperimentā izmantota jau iepriekš aprobēta metodika: vienu ripas pusi apstrādāja ar konkrēto izolātu/ to maisījumu, bet otru pusi ar *Heterobasidion* konīdijsporu suspensiju pa vidu atstājot 2-3 cm platu demarkācijas zonu. Tika izmantoti sekojoši varianti- katram variantam 8 ripas no katras koku sugas (iekavās norādīta atbilstošā sporu/ micēlija fragmentu koncentrācija suspensijā):

- 1) Rotstop (5000 sporas mililitrā);

- 2) PG 382 (5000 sporas mililitrā);
- 3) PG 182 (5000 sporas mililitrā);
- 4) PG LA (5000 sporas mililitrā);
- 5) HF SP73 + PG 382 (4400 sporas/ micēlija fragmenti mililitrā);
- 6) HC S76 + PG 382 (4000 sporas/ micēlija fragmenti mililitrā);
- 7) *Heterobasidion* izolātu HPN, HPL, HAZ, HAU (HA mix) maisījums + ūdens;
- 8) Ūdens (kontrolē).

Lielās pergamentsēnes izolāti (PG), abi *Hypholoma* spp. izolāti un visi *Heterobasidion* izolāti (divi reprezentēja *H. parviporum* un divi *H. annosum*) tika ievākti Latvijā.

Iegūtie dati liecina, ka *P. gigantea* kopējais relatīvais aizņemtā laukums pēc apstrādes ar trīs Latvijas izcelsmes izolātiem: 39 – 49% priedes koksnē būtiski neatšķiras no Rotstop izolāta – 42% (2.5. tabula).

**2.5. tabula. Analizēto sēņu efektivitāte pret *Heterobasidion* sporu infekciju.**

Apstrādes variants	Koku suga	Vidējais relatīvais <i>P. gigantea</i> laukums visā ripā, %	Vidējais relatīvais <i>P. gigantea</i> laukums ārpus apstrādes sektora, %	Vidējais relatīvais <i>Heterobasidion</i> laukums demarkācijas zonā, %	<i>Heterobasidion</i> ierobežošanas efektivitāte demarkācijas zonā, %
Rotstop	P	42,26 ± 7,6	26,99 ± 7,11	0 ± 0	100,00
	E	2,99 ± 1,7	0,03 ± 0,02	11,42 ± 2,78	0,00
PG 382	P	39,07 ± 6,42	21,46 ± 4,93	0,61 ± 0,61	78,38
	E	1,26 ± 0,6	0,16 ± 0,16	13,97 ± 3,86	0,00
PG 182	P	49,99 ± 3,11	30,49 ± 3,15	2,77 ± 1,99	2,64
	E	0,98 ± 0,31	0 ± 0	7,7 ± 3,92	12,58
PG LA	P	41,12 ± 3,56	21,84 ± 3,88	0 ± 0	100,00
	E	0,21 ± 0,1	0 ± 0	11,05 ± 2,78	0,00
HF SP73 + PG 382	P	30,54 ± 6,79	16,35 ± 6,27	0 ± 0	100,00
	E	19,69 ± 3,31	1,67 ± 0,98	8,5 ± 1,08	3,51
HC S76 + PG 382	P	61,83 ± 8,54	49,93 ± 10,68	0 ± 0	100,00
	E	2,92 ± 1,37	0,39 ± 0,39	7,12 ± 1,84	19,13
<i>Heterobasidion</i> mix + ūdens	P	0 ± 0	0 ± 0	2,84 ± 1,92	0,00
	E	0 ± 0	0 ± 0	8,8 ± 2,19	0,00

Egles koksnē ripās, kas apstrādātas ar Rotstop, *P. gigantea* laukums aizņēma 2,9%, bet pēc apstrādes ar Latvijas izolātiem: 0,2 – 1,2%. No analizētajiem *P. gigantea* izolātiem visaugstāko efektivitāti (100%) pret *Heterobasidion* priedes koksnē uzrādīja Rotstop, taču šādu pat efektivitāti uzrāda arī analizētie *Hypholoma* spp. izolāti maisījumā ar PG 382. Turklāt *H. capnoides* izolāts kombinācijā ar *P. gigantea* veicina *P. gigantea* aizņemtā laukuma palielināšanos – 61%, kamēr pēc apstrādes ar Rotstop tas sastāda 42%. Egles koksnē *P. gigantea* attīstību veicina *H. fasciculare*, jo *P. gigantea* aizņemtā relatīvais laukums ir

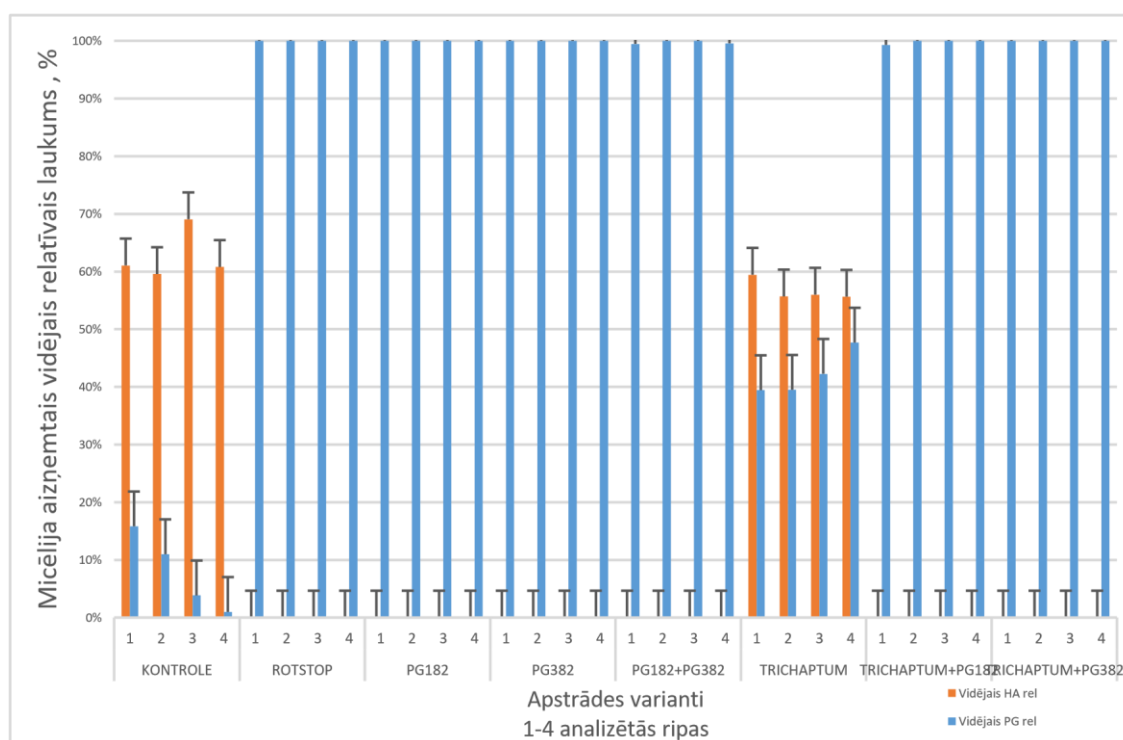


19%, turpretī pēc apstrādes ar atsevišķiem *P. gigantea* izolātiem un Rotstop: 0,21-2,99%.

Priede ir *P. gigantea* primārais saimniekaugs (Tubby et al., 2008), tāpēc bioloģiskais celmu aizsardzības līdzeklis, kas satur *P. gigantea* sporas ir efektīvāks priedes koksnē, taču egles koksnē efektivitāte bieži ir zemāka (Tubby et al., 2008; Sun et al., 2009a; Kenigshalde et al., 2016). Tādēļ ir būtiski bioloģiskā celmu aizsardzības līdzekļa sastāvā iekļaut lielās pergamentēnes izolātus un citas sēņu sugas, kuras veiksmīgi spētu kolonizēt arī egles koksnī, nodrošinot augstāku efektivitāti pret *Heterobasidion* sporu infekciju. Darba mērķis ir izstrādāt bioloģisko preparātu - alternatīvu līdz šim Latvijas mežsaimniecības praksē pielietotajam, Somijā izstrādātajam preparātam Rotstop.

### *Trichaptum abietinum* ietekme uz *P. gigantea* micēlija attīstību blūķišos eksperimentā

Mūsu pētījumā *P. gigantea* izolātu īpašības suspensiju maisījumā kopā ar *T. abietinum* tika pārbaudītas priedes blūķīšos 3-12 cm dziļumā (2.11. attēls). *T. abietinum* neietekmēja *P. gigantea* micēlija attīstību koksnē un ar šādu jaukto suspensiju apstrādātajos priedes blūķīšos *Heterobasidion* attīstība netika konstatēta.



### 2.12. att. Lielās pergamentsēnes/sakņu piepes micēlija attīstība priedes koksnē 3-12cm dziļumā analizētajās ripās (1-3cm, 2-6cm, 3-9cm, 4-12cm)

Iegūtie dati ļauj secināt, ka egļu violetpiepe *T. abietinum* var tikt izmantota bioloģisko preparātu sastāvā kopā ar lielo pergamentsēni *P. gigantea*.

### 2.2.3. Secinājumi

1. Rotstop izolāts priedes koksnē nodrošina ļoti efektīvu aizsardzību pret *Heterobasidion* bazīdijsporu un konīdijsporu infekciju.
2. Eksperimentāli pārbaudīto *Hypholoma* spp. un *Trichaptum* izolātu izmantošana *Heterobasidion* bazīdijsporu infekcijas ierobežošanai neietekmē *P. gigantea* dabisko infekciju.
3. *Hypholoma* spp. Latvijas izcelsmes izolāti jauktajās suspensijās veicina *P. gigantea* attīstību priedes koksnē.
4. Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolāts PG 382 dažādos eksperimentos nodrošināja līdzīgu vai pat augstāku efektivitāti pret *Heterobasidion* kā Rotstop sastāvā esošais izolāts.

### 2.3. Izstrādāt alternatīvu preparātu Somijā ražotajam līdzeklim Rotstop

Lai ilgtermiņā salīdzinātu *P. gigantea* un *Hypholoma* jaukto suspensiju ietekmi uz sakņupiepes attīstību egles koksnē kūdras un minerālaugsnēs, 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 lietotas suspensijas: *Hypholoma fasciculare* kombinācijā *P. gigantea* izolātu PG182 un *Hypholoma fasciculare* kombinācijā *P. gigantea* izolātu PG382. Pēc apstrādes celmi inficēti ar *Heterobasidion* konīdijsporu suspensiju. Apstrādāto celmu skaits kopā bija 120 (60 celmi ar katru apstrādes variantu). Ierīkotajos parauglaukumos papildus kā kontroles celmi 60 egļu celmi apstrādāti ar ūdeni, *Heterobasidion* vai Rotstop suspensijām.

Galvenās atziņas par bioloģisko preparātu, kas satur lielās pergamentsēnes sporas, izstrādi ir apkopotas (Pratt et al., 2000) publikācijā. Autori secina, ka neatkarīgi no preparāta formas: suspensija, zāģu skaidas vai pulvera veidā, *P. gigantea* veģetatīvās sporas- oīdijas saglabā dzīvotspēju un ierobežo *Heterobasidion* attīstību. Eiropā plašāk pielietotais Somijā ražotais Rotsop ir vienlīdz efektīvs kā priedes, tā egles koksnē. Tomēr, vairākos pētījumos atzīmēta Rotstop zemā efektivitāte egles koksnē (Kenigssvalde et al., 2016). Iepriekš minētajā publikācijā (Pratt et al., 2000) autori secina, ka svarīgi ir ievākt vietējās izcelsmes izolātus un veikt šo izolātu pārbaudi. Turklāt, autori uzskata, ka preparāta izstrādē izmantotos *P. gigantea* izolātus ieteicams ik pēc diviem gadiem aizstāt ar citiem, lai nesamazinātos preparātu efektivitāte. Savukārt, citā pētījumā ir secināts, ka iespējams paaugstināt *P. gigantea* izolātu efektivitāti hibridizācijas ceļā, savā starpā krustojot *P. gigantea* izolātus, kas uzrādījuši augstāku sporu produkciju, augšanas ātrumu utt. (Sun et al., 2009b). Lielbritānijā ir izstrādāts protokols *P. gigantea* izolātu pārbaudei (Webber, Thorpe, 2003). *P. gigantea* micēlija audzēšanas tehnoloģija dažādu koku sugu zāģu skaidās ir izklāstīta A. Василяускас (1989) darbā. Autors uzskata, ka labākais substrāts oīdiju attīstībai ir priedes (50%) un liepas (50%) skaidu sajaukums. Turpmākajos eksperimentos tiks izmantota arī Negrutskii (1986) darbā

aprakstītā metodika, lai laboratorijas apstākļos pavairotu *Trichaptum abietinum* micēliju. Savukārt, koksni kolonizējošo sēņu *Sistotrema brinkmannii* un *Bjerkandera adusta* izolātu īpašību pārbaude ir veikta LVMI Silava pētījumos (Burņeviča et al., 2022).

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

*Heterobasidion* spp. infekcija ir konstatēta gan skuju kokiem, gan lapu kokiem. (Woodward et al., 1998). Tomēr Latvijā iegūtie dati liecina (Arhipova et al., 2011; Zaļuma et al., 2019b; Gaitnieks et al., 2020, 2021; Brūna et al., 2021), ka tieši egles un priedes audzēs sakņu piepes bojājumi konstatēti visbiežāk. Pētījuma mērķis ir novērtēt vietējiem apstākļiem piemērotu augstražīgu introducēto koku sugu uzņēmību pret patogēno sēņu infekcijām.

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

Iepriekšējā pārskatā apkopotā informācija, kas vizualizēta tabulā (2. pielikums), liecina, ka *Heterobasidion* spp. infekcija visbiežāk konstatēta skuju kokiem, tomēr, kā liecina jaunākie pētījumi, arī skuju koku uzņēmība pret *Heterobasidion* spp. vienādos apstākļos un pie vienāda infekcijas fona ir atšķirīga. Piemēram, lapegles un Klinškalnu priedes koksnes ripās, kas inkubētas lauka apstākļos, infekcija attīstījusies retāk nekā parastajā priedē vai parastajā eglē (3.1. attēls).

Tree Species	Kalsnava					Tireli		
	1 *	2	3	4	Average	1	2	Average
<i>Larix sibirica</i>	96	100	67	67	83	88	50	69
<i>Picea abies</i>	100	100	67	89	89	88	88	88
<i>Picea sitchensis</i>	98	100	72	78	87	100	69	85
<i>Pinus contorta</i>	92	100	78	72	86	94	69	82
<i>Pinus strobus</i>	100	100	100	100	100	75	100	88
<i>Pinus sylvestris</i>	96	100	89	100	96	100	100	100
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	100	89	67	83	85	69	50	60
Average	97	98	77	84	89	88	75	82

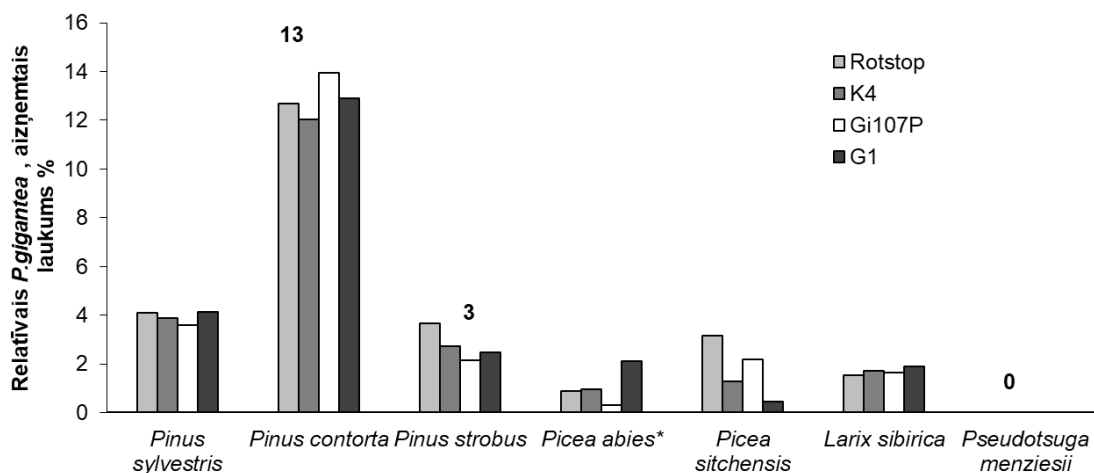
\*: Experiment number 1 to 4.

3.1. att. Tabula no publikācijas (Brūna et al., 2021), kurā analizēta dažādu skuju koku uzņēmība pret sakņu piepes primāro infekciju – tabulā uzrādīts atšķirīgu koku sugu inficēto ripu daudzums (%) dažādos eksperimentos (1-4).

Lai ilgtermiņā samazinātu sakņu trapes izplatību, ieteikts stādīt kokaugu sugas, kas ir mazāk uzņēmīgas pret konkrētajā platībā sastopamajām *Heterobasidion* spp. sugām (Gonthier, Thor, 2013), vai veidot robežstādījumus, kas samazinātu *Heterobasidion* spp. izplatību starp audzēm, vai izmantot rezistentās sugas, veidojot mistraudzes (Hunt et al., 1974; Piri, Korhonen, 2001; Piri, 2003; Lygis et al., 2004). Tomēr prof. Paolo Gonthier uzskata, ka iespējams, patogēns pielāgosies sugām, kas nav *Heterobasidion* spp. primārie saimniekaugi (Gonthier, 2010). Turklāt, izvērtējot ierīkoto stādījumu inficēšanās riskus, jāņem vērā arī daudzi citi

iepriekš minētie faktori. Koku rezistence pret patogēniem, protams, jāizvērtē arī kontekstā ar meteoroloģisko faktoru ekstremālajām vērtībām un eventuālajām klimata izmaiņām.

LVMI Silava pētījumā (Zaluma et al., 2019a) pierādīts, ka *P. gigantea* izolāti, kā arī bioloģiskais preparāts Rotstop, Klinškalnu priedes koksnē attīstās būtiski labāk nekā citās skuju koku sugās (3.2. attēls). Iepriekš veiktie pētījumi ļauj secināt, ka abas skuju koku sugas - lapegle un Klinškalnu priede ir piemērotas mežsaimniecības praksē, kur kā celmu bioloģisko aizsardzības līdzekli izmanto Rotstop.



### 3.2. att. Lielās pergamentsēnes izolātu micēlija augšanas salīdzinājums dažādās koku sugās (Zaluma et al., 2019a).

Klinškalnu priedes *Pinus contorta* Dougl. (agrāk saukta arī par Mareja priedi) dabiskais izplatības pamatareāls aptver galvenokārt Ziemeļamerikas Klusā okeāna rietumu piekrastes un kalnu rajonus (Baumanis et al., 1986, Baumanis et al., 1993). Kopš 19. gs. ir konstatēts, ka, adaptējoties jaunās vides apstākļos, pieaug *P. contorta* ģenētiskā variācija, mūsdienās zināmas četras pasugas.

Latvijā *P. contorta* pirmoreiz introducēta 1899. gadā; plantācija nav saglabājusies (Cinovskis, 1993). Deviņdesmito gadu sākumā Latvijā sākti provenienču stādījumu pētījumi, lai noskaidrotu produktīvāko sēkļu izcelsmes reģionu sugas pamatareāla robežās (Baumanis et al., 1993).

Arī lapegles pieder pie priežu dzimtas (*Pinaceae*) ģints. Latvijas savvaļas florā lapegle nav sastopama. Tās ir introducētas un jau vairāk nekā divus gadsimtus tiek audzētas kā dekoratīvie koki parkos. Sakņu sistēma spēcīgi attīstīta, ar bagātīgu mikorizu. Ir pierādīts, ka lapegle ir izturīgāka pret gaisa piesārņojumu nekā citi mērenās klimata joslas skuju koki. Ātraudzīga, mūža ilgums līdz 600 gadu. Augsnes ziņā vidēji prasīga, labāk aug irdenā, mālainā smiltis vai smilšmāla augsnē, pārmērīgi mitras augsnes nepanes. No slimībām bīstams lapegļu vēzis *Dasyscypha willcommii* Hart. Ar lapegļu vēzi inficētajiem jauniem kokiem, pēc 3 – 5 gadiem vairs neveidojas augstuma pieaugums, un tie bieži iet bojā. Slimības izplatību veicina kukaiņi, piemēram, lapegļu hermesi, rudens salnas un pārmērīgs augsnes mitrums (Miezīte, 2017). Tomēr citu autoru pētījumos norādīts, ka arī trūpi izraisošās sēnes, to skaitā *H. annosum*, inficē nocirstu lapegļu celmus, un inficētos kokos masas zudums vidēji aplievas koksnē ir 25,7 +/- 6,7 %, kodolkoksnē - 7,1 +/- 5,2 % divu gadu laikā (van der Wal et al., 2016). *Larix*

*kaempferi* audzēs celmenes *A. ostoyae* izraisītie bojājumi ir niecīgi un parasti nepārsniedz 1%, tādēļ no mežsaimnieciskā viedokļa tiem nav praktiskas nozīmes (Lee et al., 2015).

No ekonomiskā aspekta lapegle Latvijā ir perspektīva suga, jo mežaudzēs Eiropas lapegles koksnes pieaugums ievērojami pārsniedz vietējo koku sugu koksnes pieaugumu. Simtgadīgas audzes koksnes krāja sasniedz 600 m<sup>3</sup>/ha (dažkārt 1000 m<sup>3</sup>/ha). Saimnieciski nozīmīga ir ļoti vērtīgā Sibīrijas lapegles koksne, kam fizikāli mehāniskās īpašības ir labākas nekā Eiropas un Krievijas lapeglei.

Arī Klinškalnu priede nabadzīgās augsnēs ir ļoti laba izvēle, jo zviedru zinātnieki ir noskaidrojuši, ka *P. contorta* ir par 36% produktīvāka nekā *P. sylvestris* (Segebaden, 1993; Engelmars et al., 2001). Agrāk veiktos pētījumos secināts, ka *Pinus contorta* ir pat par 55-70% produktīvāka nekā *P. sylvestris* (Hagner, 1971; Karlman, 1981, 2001). Līdz šim Latvijā veiktajos pētījumos mētrāja meža tipā *P. contorta* par 14,3% pārsniedz *P. sylvestris* augstumu un par 24,5% diametru, savukārt, augšanas ātrums juvenilajā vecumā ir par 50% lielāks (Baumanis et al., 1993). *P. contorta*, salīdzinot ar citiem skuju kokiem, konstatēts lielāks krājas pieaugums uz hektāru (*P. abies* - 4,3 m<sup>3</sup>/ha, *P. sylvestris* – 5,2 m<sup>3</sup>/ha, *P. contorta* 9 m<sup>3</sup>/ha). Iespējams, *P. contorta* produktivitāte skaidrojama ar ilgo veģetācijas periodu Zviedrijā (salīdzinot ar *P. sylvestris*, veģetācijas periods ir par 15 - 20% garāks). *P. contorta* cirtmetu sasniedz jau 60 gadu vecumā, bet *P. sylvestris* tikai 100 gadu vecumā (Hagner, 1983). Suga ir arī mazāk gaismas prasīga, tāpēc var augt lielākā biežībā ar lielāku koku skaitu uz platības vienību un dot lielāku koksnes produkciju (Baumanis et al., 1986). Lielāka produktivitāte, kāda ir raksturīga *P. contorta*, var samazināt vajadzību cirst dabisko mežu platības, līdz ar to saudzēt dabiskos un vecos mežus (Knight et al., 2001).

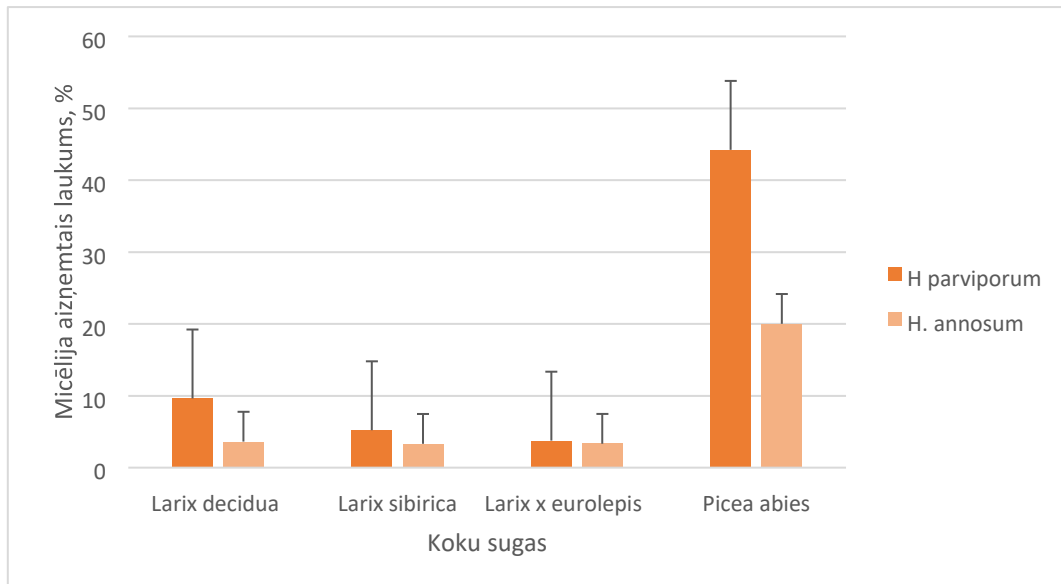
*P. contorta* introdukcijai un provenienču pētījumiem ir pievērsušās daudzas valstis (Zviedrija, Somija, Vācija, Polija, Latvija, Dānija, Francija, Nīderlande, Lielbritānija, Jaunzēlande, Īrija, Islande, Norvēģija u. c.) - tieši ātraudzības, kvalitatīvās koksnes un produktivitātes dēļ (Baumanis et al., 1986, Lindgren, 1993). Zviedrijā veiktajos provenienču pētījumos (23 gadus veci koki) noskaidrots, ka no 29 pārbaudītajām proveniencēm divas provinences bija vairāk inficētas kā *P. sylvestris*. Bojāejas iemesli, līdzīgi kā *P. sylvestris*, ir nepiemēroti klimatiskie apstākļi, piemēram, sals, sēņu infekcijas, grauzēju bojājumi; 20 proveniences uzrādījušas lielāku augšanas ātrumu un produktivitāti (Hagner, 1993). *P. contorta* koksni izmanto gan kā zāģmateriālu, gan kā papīrmalku (Segebaden, 1993). Sēklu morfoloģiskie rādītāji – dimensijas un biomasa, kā arī ātraudzība nodrošina *P. contorta* veiksmīgu izplatīšanos. Dažās no valstīm, kur tā ir introducēta, tā agresīvi izplatās, piemēram, Jaunzēlandē (Knight et al., 2001). Sākotnēji tika uzskatīts, ka *P. contorta* ir uzņēmīga pret tām slimībām un kaitēkļiem, pret kuriem ir uzņēmīga *P. sylvestris* (Segebaden, 1993), tomēr ir noskaidrots, ka *P. contorta*, salīdzinot ar *P. sylvestris*, ir daudz izturīgāka pret rūsas sēnēm – *Endocronartium pini* (Pers.) Lev. Ex Hirat. un *Cronartium fiacidum* Wint. (Witzell, 1999 cit. pēc Karlman, 2001) - un *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. un *Phacidium infestans* P. Karst. (Segebaden, 1993).

Tomēr Skandināvijas valstīs *P. contorta* audzēs konstatēta augsta inficētība ar *Gremmeniella abietina* un sakņu piepi *Heterobasidion* spp. Zviedrijā, pēc aukstas ziemas un lietainas vasaras, konstatēts vairāk kaltušo *P. contorta*, kas inficētas ar *Gremmeniella abietina*, salīdzinājumā ar *Pinus sylvestris* (Karlman, 2001). Taču mākslīgās inficēšanas eksperimentā tika pierādītas pretējas tendences, turklāt, stādu vitalitātes atjaunošanās rādītāji bija augsti (Hansson et al., 2007). Somijā veiktajos pētījumos noskaidrots, ka *P. contorta* nav piemērota

suga, lai veidotu tīraudzes vietās, kur iepriekš augušas egles, kas inficētas ar *H. annosum*, jo sakņu piepe var izraisīt iestādīto koku bojāeju, tomēr ir konstatētas proveniences, kuras infekcija neskar (Weissenberg, 1975). Somijā inficēšanās ar *Heterobasidion annosum* konstatēta dažādu provenienču stādījumiem, taču, pētnieki atzinuši, ka nepieciešami turpmāki *P. contorta* provenienču rezistences pētījumi, jo, ir atrasti *P. contorta* koki, kas netika inficēti, bet tuvu augošās *P. sylvestris* bija inficētas (Roll-Hansen, 1978). Latvijā ir veikti *Heterobasidion annosum* izraisītās sakņu trapes izplatības pētījumi *P. contorta* audzēs un konstatēts, ka ar sakņu piepi *P. contorta* var inficēties gan sakņu kontaktu ceļā, gan pēc koku mežizstrādes, ja nav veikta celmu apstrāde (Zaļuma et al., 2019b). Arī celmene var ietekmēt *P. contorta* audžu attīstību. Noskaidrots, ka ar *Armillaria ostoyae* (Romagn.) inficētās *P. contorta* audzēs ir par 43% mazāks ikgadējais tilpuma pieaugums un par 23% mazāks augstuma pieaugums (Mallet, Volney, 2011).

### **3.2. Sakņu trapes izplatīšanās ātrums perspektīvākajām introducēto koku sugām**

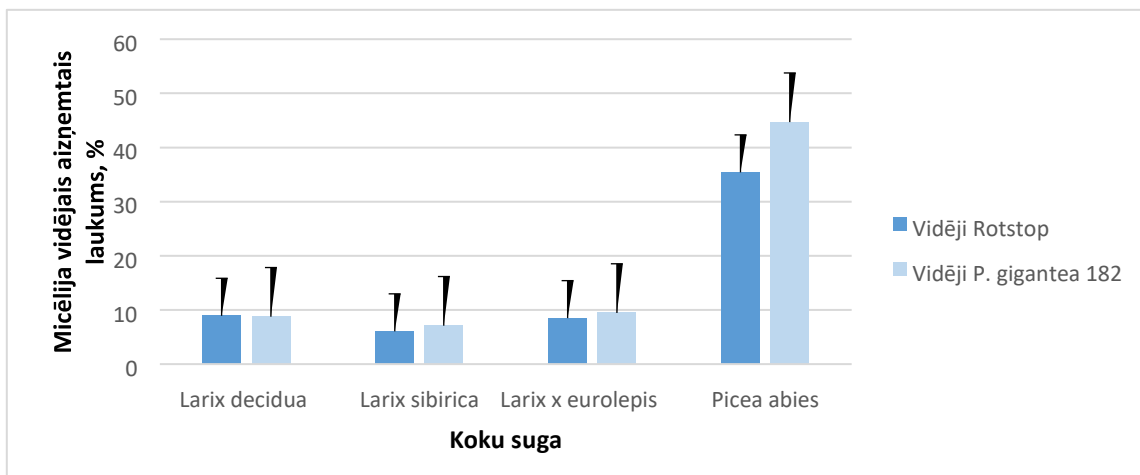
Latvijā sastopamas divas sakņu piepes sugas – egļu sakņu piepe *Heterobasidion parviporum*, kas lielākoties pamatā inficē egli, un priežu sakņu piepe *Heterobasidion annosum*, kas ir daudz agresīvāka suga. Šī *Heterobasidion* spp. suga galvenokārt inficē priedi, bet sastopama arī lapu koku audzēs. Sakņu piepe izplatās ar sporām – primārā infekcija, un ar micēliju sakņu kontaktu vietās – sekundārā infekcija. Sporām attīstoties celmos, sēnes micēlijs ieaug dziļāk saknēs un tādējādi inficē nākamās paaudzes kokus, kā arī blakus esošos veselos kokus. Lai salīdzinātu dažādu koku sugu uzņēmību pret sakņu piepi, svarīgi novērtēt abus patogēnās sēnes izplatīšanās veidus, gan primāro, gan sekundāro infekciju. LVMI Silava pētījumos secināts, ka Sibīrijas lapegles koksnē sēnes micēlija aizņemtā laukums (sporu infekcija), kā arī micēlija augšanas ātrums koksnē (sekundārā infekcija) uzrāda zemākas vērtības, salīdzinājumā ar parasto egli (Zaļuma et al., 2019a). Mūsu darba mērķis bija noskaidrot *Heterobasidion parviporum* un *Heterobasidion annosum* attīstību *Larix decidua*, *Larix sibirica* un *Larix x eurolepis* koksnē, salīdzinājumā ar *Picea abies* (3.3. attēls).



### 3.3. att. *H. annosum* un *H. parviporum* attīstība dažādās koku sugās

Iegūtie rezultāti liecina, ka *Heterobasidion* micēlija aizņemtais laukums ir būtiski lielāks parastās egles koksnē, salīdzinot ar analizētajām lapegļu sugām ( $P < 0,05$ ), savukārt analizēto lapegļu koksnē netika konstatētas būtiskas atšķirības pēc *Heterobasidion* konīdijsporu infekcijas ( $P > 0,05$ ). Turpmākajos eksperimentos tiks novērtēta *Heterobasidion* spp. micēlija attīstība dažādās izcelsmes Klinškalnu priedes *Pinus contorta* koksnē.

2022. gadā ierīkotajā eksperimentā, analizējot *Heterobasidion* micēlija attīstību dažādu sugu lapegļu koksnē, novērtēta arī bioloģiskā preparāta Rotstop un Latvijas lielās pergamentsēnes izolāta (PG182) attīstība. (3.4. attēls).



### 3.4. att. Rotstop un lielās pergamentsēnes Latvijas izolāta PG182 attīstības salīdzinājums lapegļu un parastās egles koksnē.

Dati liecina, ka lapegļu koksnē lielā pergamentsēne (kā Rotstop, tā arī Latvijas izolāts PG182) attīstās būtiski sliktāk kā eglē ( $P < 0,05$ ). Savukārt, būtiskas atšķirības starp lapegļu sugām netika konstatētas. Latvijas izolāts egles koksnē attīstās sekmīgāk (lielāks aizņemtais



laukums), salīdzinājumā ar Rotstop, taču būtiskas atšķirības nav konstatētas. Iegūtie rezultāti liecina, ka lapegle ir mazāk uzņēmīga pret *Heterobasidion* salīdzinājumā ar egli, taču turpmākajos pētījumos jānovērtē dažādu lapegļu sugu/hibrīdu rezistence pret sakņu piepi stādījumos, kas ierīkoti ar *Heterobasidion* inficētās platībās.

### 3.2.1 Secinājumi

1. *Heterobasidion* micēlija attīstība pēc konīdijsporu infekcijas trīs lapegļu sugu/ hibrīdu koksnē (*Larix decidua*, *Larix sibirica*, un *Larix x europelis*) būtiski neatšķiras ( $P > 0,05$ ) un ir būtiski zemāka nekā eglei.
2. Salīdzinājumā ar lapegli, sakņu piepes sporu attīstību ierobežojošā lielā pergamentsēne labāk attīstās egles koksnē; analizēto lapegļu koksnē būtiskas atšķirības netika konstatētas.

## 4. REKOMENDĀCIJAS SAKŅU PIEPES IZRAISĪTO ZAUDĒJUMU SAMAZINĀŠANAI

Lai samazinātu *Heterobasidion* spp. primāro infekciju, svaigi skuju koku celmi tiek apstrādāti ar bioloģiskajiem preparātiem (Gonthier, Thor, 2013), tomēr Latvijā šāda prakse tiek realizēta tikai krājas kopšanas cirtēs (Kenigsvalde u.c., 2011). Šī pētījuma mērķis ir sniegt padziļinātas zināšanas par kokaugu rezistences mehānismiem, bioloģisko un ķīmisko aizsardzības līdzekļu pielietojumu un izstrādāt rekomendācijas sakņu piepes izraisīto zaudējumu samazināšanai.

### 4.1. *P. gigantea* attīstība trupējušā priedes koksnē

*Phlebiopsis gigantea* dabiskā infekcija samazina priežu un egļu celmu inficētību ar *Heterobasidion* bazīdijsporām (Kenigsvalde et al., 2016; Gaitnieks et al., 2020). Arī jau iepriekš veiktos pētījumos ir secināts, ka dabiskā *P. gigantea* ietekmē *Heterobasidion* attīstību (Rishbeth, 1959; Meredith, 1960; Greig 1976; Negrutskii, 1986). Tomēr vairāki autori atzīmē, ka dabiskā *P. gigantea* ir nepietiekama, lai būtiski ierobežotu *Heterobasidion* sprou infekciju (Berglund, Rönnberg 2004; Anselmi et al., 2005).

Visos iepriekš minētajos pētījumos ir analizēta *Heterobasidion* un *P. gigantea* mijiedarbība celmos, bet ir tikai atsevišķi pētījumi par abu sēņu izplatību celmu saknēs. Polijā, analizējot Rotstop un divu Polijas izcelsmes *P. gigantea* izolātu attīstību priežu celmu saknēs, secināts, ka 27 mēnešu laikā visi analizētie izolāti ieaug maksimāli 80 – 114 cm dziļumā (Żółciak, 2007). Mūsu darba mērķis bija novērtēt *P. gigantea* attīstību ar *Heterobasidion* inficētā koksnē.

#### 4.1.1. Materiāli un metodes

Lai ilgtermiņā novērtētu *P. gigantea* attīstību trupējušā priedes koksnē, 2020. gada augustā ierīkots eksperiments divās priežu audzēs MPS Kalsnavas mežu novadā. Mežaudžu raksturojums eksperimenta ierīkošanas brīdī atspoguļots 4.1. tabulā. Ierīkojot eksperimentu, katrā audzē izvēlēti 60 koki, no kuriem puse nozāģēta, atstājot 15 cm augstus celmus, bet pārējie celmi atstāti 50 cm augstumā. Katrā augstuma grupā 20 celmi apstrādāti ar divām *H. annosum* konīdijsporu suspensijām (10 celmi ar katru). Pirmajā suspensijā (“12 *P.sylvestris*”) izmantots *Heterobasidion* sp. izolāts, kas izdalīts no *P. contorta* (turpmāk tekstā *H. annosum* 1), savukārt otrajā suspensijā sakņu piepes izolāts (“V Ma15”), kas izdalīts no *P. sylvestris* (turpmāk tekstā *H. annosum* 2). Katrā augstuma grupā 10 celmi atstāti kontrolei - neapstrādāti. Pēc eksperimenta ierīkošanas celmi tika atstāti dabiskai lielās pergamentsēnes *P. gigantea* infekcijai, lai papildus novērtētu, kā *P. gigantea* attīstās ar *Heterobasidion* inficētā koksnē.

#### 4.1. tabula. Eksperimentā iekļauto audžu raksturojums

Audzē	Kv., nog.	Vecums	Sastāva formula	Meža tips	Platība, ha
Saltupes	93, 15	23	10P +B	Ln	1,04
Kandavas 2	193, 1	21	10P	Ln	1,90

2022. gada jūlijā atlasīti 20 celmi (4.2. tabula), kas laika posmā no 2022. gada jūlija līdz augustam izrakti un nogādāti LVMI Silava tālākai apstrādei. No katra celma sakņu kakla, sakņu resgaļa un dažādos attālumos no saknes pamatnes (atkarībā no saknes garuma un diametra) nozāģētas ripas (4.1. attēls). Laboratorijā ripas nomizotas, nomazgātas zem tekoša krāna ūdens un ievietotas plastmasas maisiņos inkubācijai uz septiņām dienām.

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 (4.2. tabula) (Brūna et al., 2020).

#### 4.1.2. Rezultāti

Kopumā tika analizēti 563 koksnes paraugi: no “Saltupes” audzē izraktajiem celmiem tika iegūti 235 koksnes paraugi, bet no “Kandavas 2” – 328 paraugi. “Saltupes” audzē 97 paraugi bija no 15 cm augstajiem celmiem un 137 – no 50 cm augstajiem celmiem; “Kandavas 2” audzē – 147 paraugi reprezentēja 15 cm augstos celmus, bet 180 – 50 cm augstos celmus. Ievāktu celmu / sakņu paraugu diametrs bija robežās no 0,9 cm līdz 15,45 cm. Vidējais paraugu diametrs bija 3,33 cm.

Pētījumā noskaidrots, ka celmu apstrādei lietotie sakņu piepes izolāti divus gadus pēc eksperimenta ierīkošanas konstatēti 80% analizēto celmu jeb 12 no 15 analizētajiem apstrādātajiem celmiem. Septiņos no 10 celmiem, kas apstrādāti ar *H. annosum* 1 izolātu, tika atkārtoti izolēti konkrētās sēnes micēlijs, savukārt *H. annosum* 2 izolāts izdalīts no visiem pieciem ar šo izolātu apstrādātajiem celmiem, kas iekļauti šī gada analizē. Sakņu paraugos no

diviem celmiem, kas apstrādāti 2020. gadā, bez apstrādei lietotā izolāta konstatēts arī cits sakņu piepes micēlijs.

Vidējais sakņu piepes izaugšanas dziļums saknēs bija 48 cm, bet audzē sastopamās lielās pergamentsēnes – 37 cm. Savukārt, 2021. gadā sakņu piepes micēlijs vidēji bija izplatījies 42 cm lielā attālumā no skaņu kakla un lielās pergamentsēnes vidējais micēlija izplatīšanās attālums saknēs bija 23 cm.

**4.2. tabula. Analizētie priežu celmi.**

<b>Parauglaukums</b>	<b>Celma nr.</b>	<b>Celma H, cm</b>	<b><i>Heterobasidion</i> izolāts</b>
Saltupes	A3	15	<i>H. annosum</i> 1
Saltupes	A6	15	<i>H. annosum</i> 1
Saltupes	A10	15	<i>H. annosum</i> 1
Saltupes	K6*	15	-
Saltupes	K9	15	-
Saltupes	A5	50	<i>H. annosum</i> 1
Saltupes	A7	50	<i>H. annosum</i> 1
Saltupes	B8	50	<i>H. annosum</i> 2
Saltupes	K6	50	-
Saltupes	K8	50	-
Saltupes	K9	50	-
Kandavas	A3	15	<i>H. annosum</i> 1
Kandavas	A7	15	<i>H. annosum</i> 1
Kandavas	B1	15	<i>H. annosum</i> 2
Kandavas	B3	15	<i>H. annosum</i> 2
Kandavas	A4	50	<i>H. annosum</i> 1
Kandavas	A7	50	<i>H. annosum</i> 1
Kandavas	A10	50	<i>H. annosum</i> 1
Kandavas	B6	50	<i>H. annosum</i> 2
Kandavas	B10	50	<i>H. annosum</i> 2

\* Kontroles celmi (apstrāde nav veikta)

4.3. tabula. *Heterobasidion annosum* (HA) un *Phlebiopsis gigantea* (PG) attīstība analizētajos priežu celmos.

Parauglaukums	Celma nr.	Celma H, cm	<i>Heterobasidion</i> laukums pie sakņu kakla, cm <sup>2</sup> (%)	<i>Phlebiopsis gigantea</i> laukums pie sakņu kakla, cm <sup>2</sup> (%)	Analizēto sakņu skaits	Sakņu skaits ar HA	Sakņu skaits ar PG	Max HA attālums, cm	Max PG attālums, cm
Saltupes	A3	15	0 (0%)	0 (0%)	5	0	1	0	0
Saltupes	A6	15	0 (0%)	0 (0%)	5	0	0	0	0
Saltupes	A10	15	15.68 (40%)	1.76 (4%)	8	7	4	20	60
Saltupes	K6	15	0 (0%)	0 (0%)	6	2	1	15	0
Saltupes	K9	15	0 (0%)	0 (0%)	7	5	0	5	0
Saltupes	A5	50	0 (0%)	0 (0%)	6	0	0	0	0
Saltupes	A7	50	10.29 (19%)	0 (0%)	8	6	6	20	20
Saltupes	B8	50	37.24 (53%)	0.04 (0%)	4	4	1	50	20
Saltupes	K6	50	2.45 (2%)	45.87 (40%)	9	6	2	40	50
Saltupes	K8	50	0 (0%)	0 (0%)	8	0	0	0	0
Saltupes	K9	50	0 (0%)	12.84 (16%)	7	5	0	0	0
Kandavas	A3	15	0 (0%)	1.49 (1%)	9	2	0	60	0
Kandavas	A7	15	0 (0%)	52.58 (32%)	8	0	5	0	40
Kandavas	B1	15	33.81 (23%)	2.45 (2%)	5	5	3	80	20
Kandavas	B3	15	35.28 (36%)	79.67 (82%)	7	7	3	80	60
Kandavas	A4	50	2.94 (3%)	0.05 (0%)	8	5	0	20	0
Kandavas	A7	50	1.47 (1%)	0.05 (0%)	11	10	1	60	40
Kandavas	A10	50	0 (0%)	0 (0%)	8	1	2	0	35
Kandavas	B6	50	24.99 (21%)	127.49 (100%)	10	7	8	40	40
Kandavas	B10	50	59.78 (44%)	26.44 (19%)	10	10	3	55	40



A

B

4.1. att. Eksperimentā iekļautie celmi A7 (A) un B10 (B). Ar cipariem atzīmētas vietas, kur no celma/saknēm ievākti koksnes paraugi.

2021. gadā maksimālais attālums saknēs no sakņu kakla, kur atrasta *P. gigantea* bija 30 cm, savukārt 2022. gadā – 60 cm. *Heterobasidion* kā 2021. gadā (10 mēneši pēc eksperimenta ierīkošanas), tā 2022. gadā (divi gadi pēc eksperimenta ierīkošanas) konstatēts max. 80 cm attālumā no sakņu kakla (kā 2021. gadā, tā 2022. gadā – 15 cm augstajos celmos). Celmiem, kuros sakņu piepes micēlijs konstatēts 80 cm attālumā no sakņu kakla, gan sakņu piepes, gan lielās pergamentsēnes micēlijs tika konstatēts uz ripas paraugā pie sakņu kakla. Sakņu piepes aizņemtā laukums bija 23% un 36 % (4.3. tabula).

Divus gadus pēc eksperimenta ierīkošanas *Heterobasidion* micēlijs ir saglabājies 57% sākotnēji inficēto 15 cm augsto celmu un 75% sākotnēji inficētos 50 cm augstos celmos. Lielā pergamentsēne konstatēta attiecīgi 71% un 75% dažāda augstuma celmu – 15 cm un 50 cm. Ar sakņu piepi inficēto analizēto sakņu skaits 15 cm augstajiem celmiem sastāda 44%, bet 50 cm augstajiem celmiem: 34%. Lielā pergamentsēne konstatēta 34% analizēto 15 cm augsto celmu un 32% - 50 cm augsto celmu. Eksperimentā tika iekļauti arī kontroles (neapstrādātie) celmi – divi 15 cm augstie un trīs 50 cm augstie celmi. *Heterobasidion* tika konstatēts divos celmos no katras kontroles celmu augstuma grupas. Savukārt *P. gigantea* tika izdalīta no viena 15 cm un viena 50 cm augstā neapstrādātā celma. Mūsu iepriekšējos pētījumos secināts, ka divus gadus pēc *Heterobasidion* konīdijsporu infekcijas maza diametra priežu celmos *Heterobasidion* praktiski nav sastopams. Tomēr, kā liecina iegūtie dati, ja *Heterobasidion* ir ieaudzis priežu saknēs, tad tas saglabā savu dzīvotspēju divus gadus pēc celmu inficēšanas ar *Heterobasidion* konīdijsporām. Salīdzinājumā ar 2021. gadu (10 mēnešus pēc eksperimenta ierīkošanas) *Heterobasidion* ir vairāk samazinājies 15 cm augstajos celmos (no 73% līdz 44%), salīdzinājumā ar 50 cm augstajiem celmiem (no 40% līdz 34%). *P. gigantea* salīdzinājumā ar 2021. gadu ir divas reizes vairāk konstatēta 15 cm augstajos celmos, bet 50 cm augstajiem celmiem ar *P. gigantea* ar kolonizēto sakņu skaits ir gandrīz divas reizes samazinājies. Divus gadus pēc celmu apstrādes *P. gigantea* maksimālais izplatības attālums celmu saknēs ir 60 cm (vidēji 37 cm). Iegūtie dati ļauj secināt, ka nepieciešams veicināt dabiskās *P. gigantea* attīstību priežu audzēs, jo lielās pergamentsēnes micēlijs celmu saknēs var sekmīgi konkurēt ar *Heterobasidion*, tādējādi ierobežojot sakņu piepes sekundāro izplatību.

#### 4.1.3. Secinājumi

1. Gada laikā vidējais ar *Heterobasidion* inficēto sakņu skaits ir vairāk samazinājies 15 cm augstajos priežu celmos (par 29%), salīdzinājumā ar 50 cm augstajiem celmiem (par 6%).
2. Ar lielo pergamentsēni kolonizēto sakņu skaits 12 mēnešu laikā 15 cm augstajiem priežu celmiem ir palielinājies gandrīz divas reizes.
3. Divus gadus pēc celmu inficēšanas ar *Heterobasidion* dabiskās *P. gigantea* micēlijs priežu celmu saknēs ir izplatījies vidēji 37 cm dziļumā.

## 4.2. Bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitāte un ietekme uz koksni kolonizējošām sēnēm

Lai ierobežotu sakņu trapes izplatību tiek izmantoti bioloģiskie un ķīmiskie preparāti. Bioloģiskie preparāti, piemēram, Rotstop, kas satur lielās pergamentsēnes sporas, ir ļoti efektīvi priedes koksnē, taču attiecībā uz egli, dažkārt efektivitāte ir ļoti zema (Berglund, Rönnerberg, 2004; Gunulf et al., 2012). Turklāt, preparātu efektivitāti ietekmē arī vides apstākļi (Berglund, Rönnerberg, 2004). Ir noskaidrots, ka *Heterobasidion* primāro jeb sporu infekciju efektīvi ierobežo celmu apstrāde ar urīnvielu (Oliva et. al., 2010). Lai gan vairākās valstīs urīnviela ir oficiāli reģistrēta celmu apstrādei (Thor, 2003), tomēr nepieciešami detalizēti pētījumi par urīnvielas jeb karbamīda šķīduma ietekmi uz veģetāciju, celmus kolonizējošo sēņu daudzveidību u.t.t., šādi pētījumi ir uzsākti arī Latvijā.

Lai salīdzinātu bioloģisko un ķīmisko preparātu ietekmi uz koksni kolonizējošām sēnēm, tika atkārtoti apsekoti trīs parauglaukumi (parauglaukumu detalizēts apraksts 2021. g. pārskatā). Pavisam apsekoti 16 kontroles celmi, 20 celmi, kas apstrādāti ar Latvijas *P. gigantea* izolātu 422, 17 celmi – ar Rotstop un 19 celmi, apstrādāti ar 35% urīnvielu. Sēņu daudzveidība novērtēta, pamatojoties uz sēņu auglķermeņu sastopamību. Šāda metode ir izmantota arī citos pētījumos (Allmér et al., 2006). Kontroles variantā visvairāk pārstāvētā sēne bija *P. gigantea* (31% no apsekotajiem celmiem). Ar Latvijas *P. gigantea* izolātu 422 un Rotstop apstrādātajos celmos *P. gigantea* īpatsvars bija attiecīgi 70% un 82%, bet arī apstrādes variantā ar urīnvielu *P. gigantea* tika atrasta uz 47% analizēto celmu. Vēl samērā bieži visos analizētajos celmos bija sastopamas *Calocera* un *Dacrymyces* ģintis sēnes, kā arī apmatotā ķiverene. Interesanti, ka *Calocera* un *Dacrymyces* ģintis visvairāk bija pārstāvētas variantā, kur apstrādei izmantota urīnviela. Tāpat *Chondrostereum purpureum* atrasts tikai divos celmos pēc apstrādes ar urīnvielu. Savukārt pelēkā dūmaine atrasta tikai uz viena no analizētajiem kontroles celmiem un diviem celmiem pēc apstrādes ar urīnvielu.

Papildus 2022. gada vasarā MPS Kalsnavas mežu novadā divos parauglaukumos egles audzēs ar kūdras augsnēm (205. kvartāls 1.nogabals, 203.kvartāls 3.nogabals) un divos parauglaukumos ar minerālaugsnēm (150. kvartāls 8. nogabals un 23. nogabals) ar 35% karbamīda šķīdumu apstrādāti kopā 80 celmi, lai ilgtermiņā salīdzinātu *P. gigantea* un urīnvielas ietekmi uz celmus kolonizējošām sēnēm kūdras un minerālaugsnēs.

### 4.2.1. Secinājumi

1. Lielā pergamentsēne pēc četriem gadiem konstatēta 70% celmu, kas apstrādāti ar Latvijas izcelsmes izolātu, un 80% celmu, kas apstrādāti ar Rotstop.
2. Dabiskā *P. gigantea* konstatēta 47% celmu, kas apstrādāti ar urīnvielu un 31% kontroles (neapstrādāto celmu). Četru gadu laikā apstrāde ar urīnvielu nav samazinājusi sēņu bioloģisko daudzveidību.
3. Turpmākajos pētījumos tiks salīdzināta urīnvielas ietekme uz egļu celmus kolonizējošo sēņu daudzveidību kūdras un minerālaugsnēs.

### 4.3. Veikt *P. gigantea* augļķermeņu attīstību ietekmējošo faktoru un sporu izdalīšanās potenciāla novērtēšanu

Sakņu trupi izraisošās sēnes *Heterobasidion* spp. primāro izplatību ar bazīdijsporām ietekmē svaigu celmu inficētība pēc mežizstrādes (Garbelotto, Gonthier, 2013). Tāpēc LVM, veicot mežizstrādi siltajā gadalaikā, praktizē celmu apstrādi ar bioloģisko preparātu Rotstop, kas satur lielās pergamentsēnes *Phlebiopsis gigantea* sporas. Taču privātajos mežos celmu apstrāde netiek veikta, kas, protams, veicina patogēnās sēnes izplatību arī LVM apsaimniekotajos mežos. Turklāt egļu celmu apstrāde ar Rotstop bieži ir mazāk efektīva, salīdzinājumā ar priežu celmiem. Tāpēc ir svarīgi noskaidrot faktorus, kas ietekmē skuju koku celmu dabisko aizsardzību pret sakņu piepes sporu infekciju. Skuju koku celmu dabisko aizsardzību veicina lielās pergamentsēnes klātbūtne audzē, jo šī sēne, līdzīgi kā sakņu piepe, ir primārā koksnes kolonizētāja un abas iepriekšminētās sēnes aizņem līdzīgas ekoloģiskās nišas, respektīvi, "cīnās" par vienu un to pašu substrātu. LVMI Silava iepriekš veiktos pētījumos noskaidrots, ka pastāv būtiskas atšķirības starp *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* aizņemto laukumu maza diametra egļu un priežu celmos (Gaitnieks et al., 2020). Egļu celmos, *P. gigantea* aizņemot vairāk kā 10% no celma virsmas laukuma, samazinās infekcija ar *Heterobasidion*. (Kenigvalde et al., 2016). *Heterobasidion* spp. sporulācijas gradients ir analizēts vairākos pētījumos (Kallio, 1970; Stenlid, 1994; Möykkynen et al., 1997; Bérubé et al., 2017; Brūna et al., 2021). Pagājušā gadsimta sešdesmitajos gados J. Rishbeth (1959) darbā ir analizēta *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* sastopamība 2...250 jūdzes no sporu avota. Attiecībā uz lielo pergamentsēni, citi pētījumi mums pieejamajā literatūrā nav atrasti. 2021. gadā tika uzsākts pētījums, lai analizētu *P. gigantea* sporulācijas dinamiku. SIA "Rīgas meži" Tīreļu mežniecības teritorijā, laikā no 7.novembra līdz 16.decembrim, tika veikta *P. gigantea* sporu uzskaitē Petri platēs, kā arī novērtēts *P. gigantea* aizņemtais laukums skuju koku ripās dažādos attālumos no sēnes augļķermeņiem. Secināts, ka izdalīto sporu daudzums stundas laikā zem augļķermeņa var pārsniegt 20 miljonus sporu uz kvadrātmetru. Mūsu darba mērķis ir analizēt *P. gigantea* sporulācijas intensitāti un to ietekmējošos faktorus egļu audzēs, kas stipri inficētas ar *Heterobasidion* spp., kā arī novērtēt dabiskās *P. gigantea* nozīmi egļu celmu aizsardzībā pret sakņu piepes sporu infekciju.

#### 4.3.1. Materiāls un metodes

##### Parauglaukumu raksturojums un eksperimenta dizains

Lai analizētu *P. gigantea* un *Heterobasidion* infekcijas potenciālu, 2022. gadā ierīkoti 12 parauglaukumi: MPS Kalsnavas mežu novadā, septiņi parauglaukumi; VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā, pieci parauglaukumi) (4.4. tabula).

#### 4.4. tabula. Parauglaukumu koordinātas

PL nr.	Platums	Garums	Audzēs sastāva formula	Vecums	Pēdējās saimnieciskās darbības veids
1	56.85676°	24.75879°	10E	52	Sanitārā izlases cirte-2005, kopšanas cirte-2004

2	56.85351°	24.78224°	10E	61	Sanitārā izlases-2015 un 2012, kopšanas cirte2009
3	56.85135°	24.80220°	10E	50	Sanitārā izlases-2012, kopšanas cirte-2008, izlases cirte (cita)-2007
4	56.84777°	24.80470°	7E2Os1B	53	sanitārā izlases-2020, izlases cirte (cita)-2014, kopšanas cirte-2007, sanitārā izlases-2005, kopšanas cirte-2004
5	56.84028°	24.79908°	10E	55	Sanitārā izlases-2020, kopšanas cirte-2016, sanitārā izlases-2012, izlases cirte (cita)-2007, kopšanas cirte-2006
6	56.68598°	25.83930°	10E	57	Koku ciršana (izlases cirte)
7	56.68653°	25.83701°	10E	36	Koku ciršana (krājas kopšanas cirte)
8	56.68389°	25.83101°	10E +B	37	Koku ciršana (krājas kopšanas cirte)
9	56.69095°	25.83887°	10E +B	52	Koku ciršana
10	56.70191°	25.84432°	10E +B	43	Atjaunošana
11	56.70050°	25.84262°	7E2P1B	80	Koku ciršana (krājas kopšanas cirte)
12	56.69808°	25.83357°	10E	51	Jaunaudžu kopšana

Ekspērimētā izvēlētas egļu audzes ar dažādu biežību, atšķirīgu saimnieciskās darbības intensitāti un atšķirīgu audzes inficētības pakāpi ar sakņu piepi (4.2. attēls A un B). Parauglaukumu veģetācijas aprakstu veica Dr. Baiba Bambe, un apsekojuma dati atrodami 3. pielikumā.



A

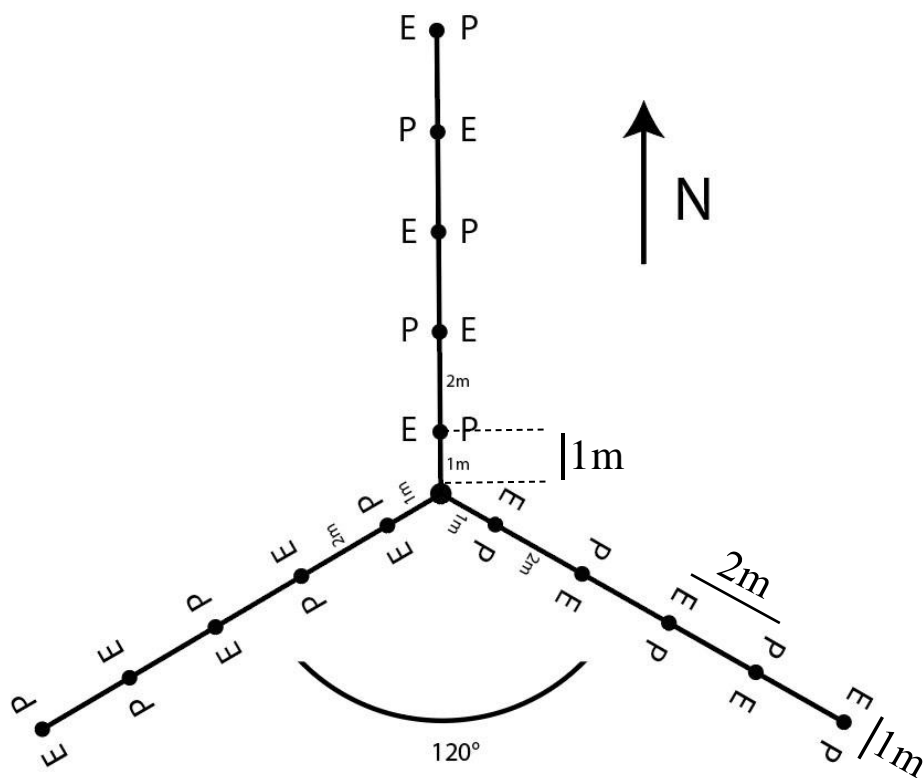




**B**

4.2. att. Parauglaukumi Nr. 3 (A) un Nr. 5 (B) Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijā.

*P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. infekcija katrā parauglaukumā novērtēta, uz trīs transekciem izliekot 15 egļu un 15 priežu ripas (skat. 4.3. attēlu). Analizēto ripu diametrs bija 5-8 cm. Ekspozīcijas laikā katra skuju koku ripa ievietota atvērta Petri traukā, lai novērstu kontaktu ar augsni.



#### 4.3. att. Ripu izvietojanas shēma ierīkotajos parauglaukumos. (E, P – egles un priedes ripu ekspozīcijas vietas).

Ripas eksponētas 24 stundas, pēc tam nogādātas LVMI Silava, kur tās inkubētas septiņas dienas istabas temperatūrā. *Heterobasidion* spp. sastopamība noteikta pēc konidiālās stadijas, bet *P. gigantea*, pēc raksturīgā oranži-brūnā krāsojuma un micēlija morfoloģiskajām pazīmēm. Eksperiments tika veikts maija-augusta mēnešos, oktobrī 2x un novembrī.

Papildus 2022. gadā ierīkoti divi eksperimenti: 1) novērtējot *P. gigantea* sporu izdalīšanās gradientu; 2) sporu izdalīšanās potenciālu zem sēnes auglķermeņiem.

Lai novērtētu sporu izdalīšanās gradientu MPS Kalsnavas mežu novadā un VD reģiona Ogres iecirknī (Pr. Nr.2), izvēlētas izgāztas egles ar labi attīstītiem lielās pergamentsēnes auglķermeņiem (attiecīgi ar aptuveni 40x90 cm un 70x30 cm dimensijām), apmēram metra attālumā pie sakņu kakla. MPS Kalsnava teritorijā sporu izdalīšanās potenciāls novērtēts zem sēnes auglķermeņa, kā arī Z, D, R un A virzienos 2 m, 10 m, 20 m un 40 m attālumā. VD reģionā Ogres iecirknī *P. gigantea* sporulācijas intensitāte novērtēta zem auglķermeņa, kā arī Z un D virzienos 2 m un 10 m attālumā. Šajā parauglaukumā izmantotas gan Petri plates, lai veiktu sporu uzskaiti (4.4. attēls (A)), gan egles un priedes ripas, lai novērtētu *P. gigantea* aizņemto laukumu.

Kalsnavas parauglaukumā (turpmāk tekstā Nr.13) Z, D, R un A virzienos izmantotas egles un priedes ripas, bet sporu uzskaitē Petri platēs veikta zem auglķermeņa, kā arī A un R virzienā 2 m un 10 m attālumā. Sporu uzskaitē Petri platēs veikta 20 min laikā, bet ripas tika eksponētas 24 stundas. Novērtējot *P. gigantea* aizņemto laukumu skuju koku ripās, novērtēja arī *Heterobasidion* infekciju. Analizējot *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. sastopamību ripās, katrā no uzskaites punktiem izmantotas četras ripas (divas egles, divas priedes). Ripas eksponētas MPS Kalsnava teritorijā 13. parauglaukumā 14., 20., 30. oktobrī, kā arī 8. un 11. novembrī, bet Ogres iecirknī 2. parauglaukumā 17., 25. un 31. oktobrī, kā arī 14. novembrī. LVMI Silava ripas tika inkubētas istabas temperatūrā, tās periodiski mitrinot ar pulverizatoru. *Heterobasidion* sastopamība novērtēta pēc septiņām dienām *Phlebiopsis gigantea* – pēc 14. Vispirms uz ripas uzlika režģi (0,7x0,7 cm), un katru kvadrātu, kurā konstatēja *Heterobasidion* spp. konīdijnesējus, atzīmēja ar sarkanu punktu. *P. gigantea* aizņemto laukumu (pēc tai raksturīgā krāsojuma) atzīmēja ar marķieri. Ripām izmērīja diametru, bet uz caurspīdīgas plēves pārzīmēto laukumu izmērīja ar planimetru. Sporu uzskaitē zem auglķermeņa un transektu punktos katrā vietā izmantoja divas Petri plates ar Hagem barotni. Sporu uzskaitē, izmantojot Petri plates, 13. parauglaukumā veikta 14., 17., 21., 29. oktobrī, 6. un 13. novembrī. Otrajā un ceturtajā parauglaukumā sporu uzskaitē veikta 14., 24., 29. oktobrī,

4. un 12. novembrī. Sporas skaitītas, izmantojot *Leica* mikroskopu 30 redzes laukos katrā platē, 100x palielinājumā. Papildus, lai iegūtu informāciju par *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. auglķermeņu vitalitāti (daļu no minētajiem auglķermeņiem paredzēts iekļaut turpmākajos eksperimentos) VD reģiona Ogres iecirknī 1., 2., 3., 4. parauglaukumā, izvēlēti 15 *Heterobasidion* spp. un 12 *P. gigantea* auglķermeņi, kur, eksponējot Petri plates (1-2), sporu daudzuma novērtējums veikts 15 – 20 minūšu laikā (4.4. attēls (B)).



A



B

4.4. att. Sporu uzskaitē Petri platēs zem *P. gigantea* augļķermeņiem: A - parauglaukums Nr. 2; B – parauglaukums Nr. 4.

#### 4.3.2. Rezultāti

Iegūtie rezultāti par egļu un priežu ripu inficētību ar abām savstarpēji konkurējošām sēnēm apstiprina iepriekšējos pētījumos iegūtos datus par lielās pergamentsēnes sporu labāku adaptāciju priedes koksnei, salīdzinot ar egli. (skat. 4. un 5. pielikumu). Tomēr arī *Heterobasidion* spp. vairāk ir konstatēts priedes koksnei. Līdzīgi rezultāti ir iegūti arī iepriekšējos pētījumos Latvijā (Brūna et al., 2021). Infekciju ar *Heterobasidion* spp. ietekmē lokālie sporu avoti – respektīvi, sēnes augļķermeņi. *Heterobasidion* spp. augļķermeņi tika konstatēti 1.-6., 9. un 11. parauglaukumā. Protams, dažādos parauglaukumos un 100 metru robežās no tiem, atrasto *Heterobasidion* spp. augļķermeņu daudzums bija atšķirīgs, kas noteica arī atšķirīgu sporu fonu. Ripu inficētību varēja ietekmēt gan veģetācija, gan audzes struktūra. Labi attīstīta veģetācija tika konstatēta 1., 2. un 4. parauglaukumā Ogres iecirknī. Jau J. Rishbeth (1959) pētījumā atzīmēts, ka veģetācija ietekmē *P. gigantea* sporu izplatību. Lai gan ripu inficētība ar *Heterobasidion* spp./*P. gigantea* VD reģiona Ogres iecirkņa un MPS Kalsnavas mežu novada teritorijā ierīkotajos parauglaukumos veikta ar 1-2 dienu intervālu, tomēr ripu inficētību ietekmēja arī temperatūras atšķirības un vēja virziens. Profesors Jan Stenlid (1987) uzskata, ka *Heterobasidion* spp. augļķermeņi pamatā nosaka sporu infekciju audzes robežās, nevis starp audzēm, tomēr mūsu pētījumā *Heterobasidion* spp. infekcija pierādīta arī audzēs, kur netika atrasti *Heterobasidion* spp. augļķermeņi. Tas nozīmē, ka, veicot mežizstrādi siltajā gada laikā, sakņu piepes sporu infekcija ir riska faktors arī platībās, kur *Heterobasidion* spp. izraisītā trupe nav konstatēta.

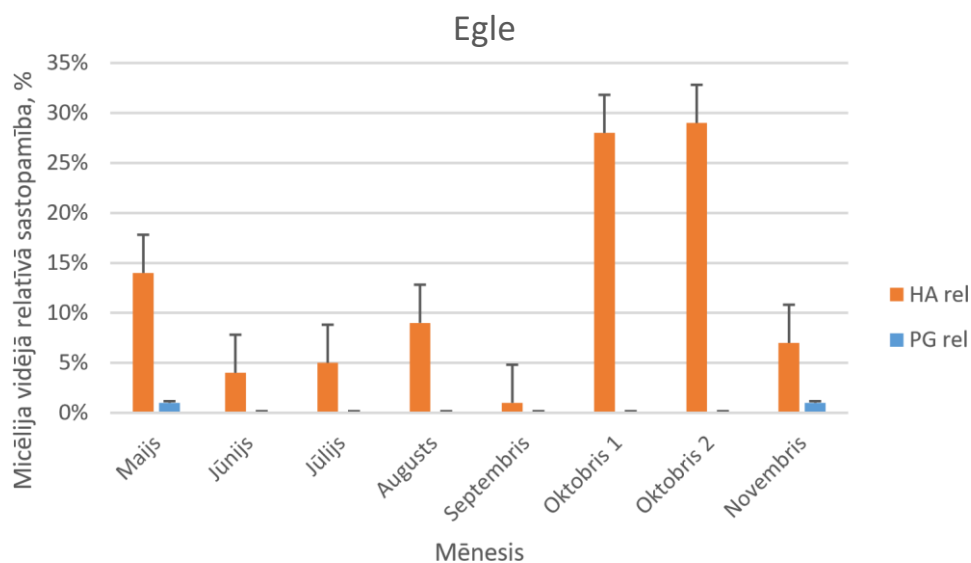
Fenoskandijas valstīs un Latvijā veiktie pētījumi liecina, ka *Heterobasidion* spp. visaktīvāk sporulē jūlija-septembra mēnešos. Tomēr mūsu iegūtie dati liecina, ka meteoroloģiskie faktori var ietekmēt sporulācijas dinamiku – ļoti intensīva patogēna sporulācija konstatēta oktobrī, kas turpinās arī novembrī. *Heterobasidion* spp. aktivitāte atzīmēta arī maijā. *Heterobasidion* spp., atšķirībā no konkurējošās sēnes *P. gigantea*, veido daudzgadīgus augļķermeņus, un sporulācija notiek praktiski visu gadu, ja ir atbilstoši laika apstākļi, galvenokārt optimāla temperatūra. Savukārt *P. gigantea* sporulāciju pamatā ietekmē

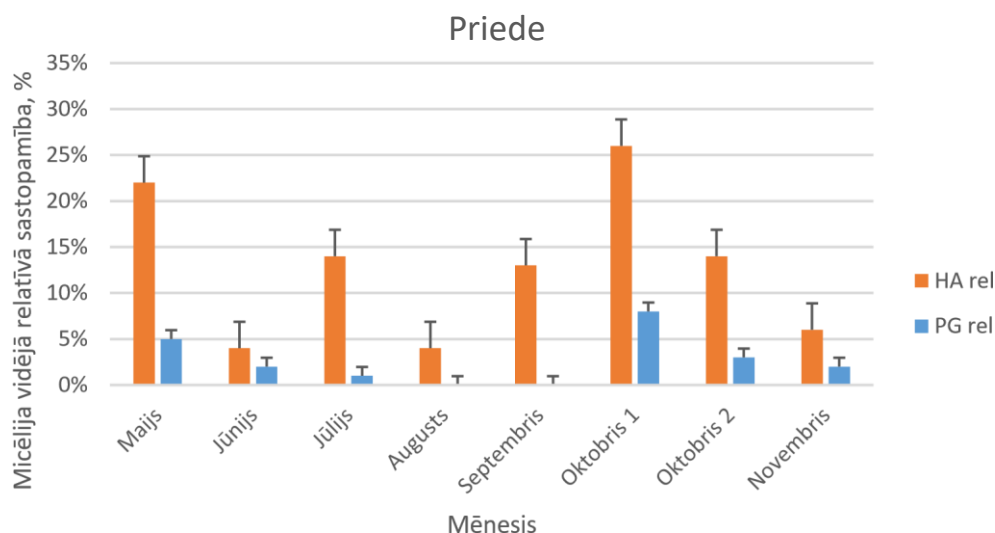
mitrums – auglķermeņu aktivitāte konstatēta pēc lietus perioda. Jāatzīmē, ka pavasara-vasaras mēnešos parauglaukumu robežās netika atrasti no jauna izveidojušies *P. gigantea* auglķermeņi. Tomēr iegūtie dati liecina, ka arī iepriekšējā gadā izveidojušies auglķermeņi nodrošina sporu fonu. Jaunie auglķermeņi tika atrasti oktobrī, un tas sakrīt ar eksponēto ripu infekciju ar *P. gigantea* (4.5. attēls).



4.5. att. *Phlebiopsis gigantea* uz lielu dimensiju egles koksnes mežizstrādes atliekas.

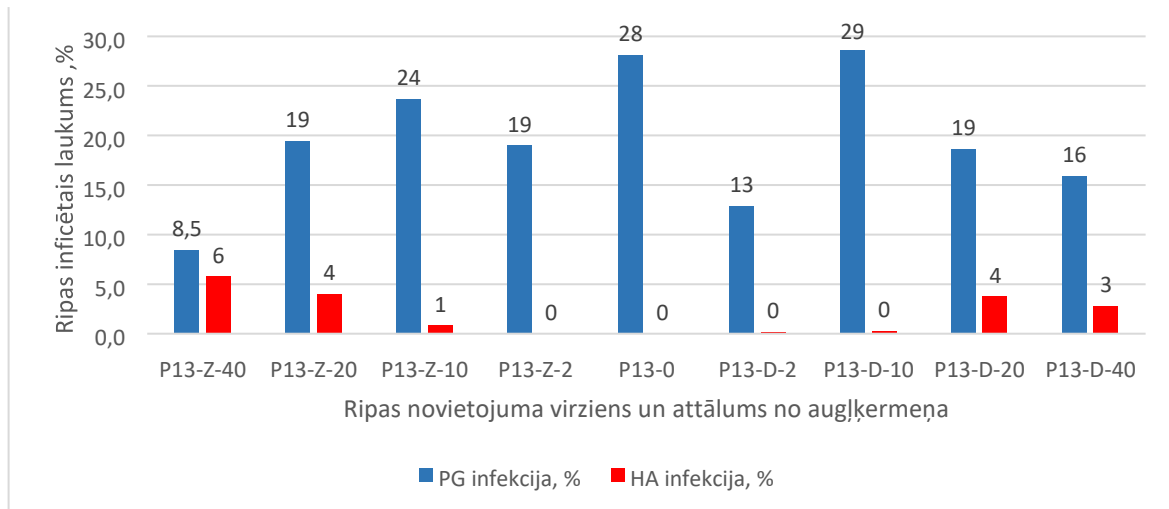
Mūsu iegūtie dati liecina, ka maijā un oktobrī *P. gigantea* sastopama visos parauglaukumos. Taču sēnes aizņemtā laukums analizētajās ripās, izņemot 11. parauglaukumu, ir mazāks kā *Heterobasidion* spp. aizņemtā laukums. Iepriekš minētajā parauglaukumā MPS Kalsnava teritorijā ir daudz izgāztu egļu, uz kurām tika atrasti *P. gigantea* auglķermeņi. Relatīvi zemā eksponēto ripu inficētība ar *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. vasaras mēnešos un septembrī varētu būt skaidrojama ar ilgstošo sausumu, kas ietekmēja sēņu auglķermeņu vitalitāti (4.6. attēls).



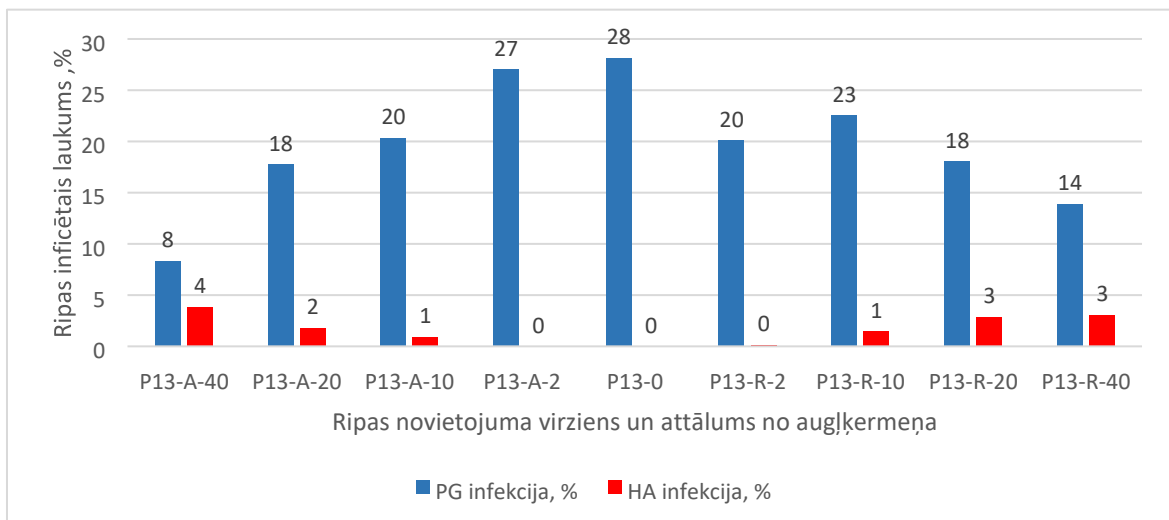


#### 4.6. att. Lielās pergamentsēnes (PG) un *Heterobasidion* (HA) sporolācijas dinamika maija-novembra mēnešos egles un priedes koksnē.

Salīdzinot *P. gigantea* aizņemto relatīvo laukumu analizētajās priedes ripās Kalsnavas parauglaukumā Nr. 13 (4.7. attēls), secināts, ka gan A-R, gan Z-D virzienos *P. gigantea* samazinājums ir ļoti līdzīgs. Izteikts *P. gigantea* laukuma samazinājums D virzienā 2 m attālumā varētu būt skaidrojams ar ripu novietojuma punktu tieši aiz izgāztās egles saknēm, kas varēja samazināt sporu daudzumu. Grafikos uzskatāmi redzams, ka ripās, samazinoties *P. gigantea* aizņemtajam laukumam, palielinās *Heterobasidion* spp. aizņemtais laukums. Mūsu iegūtie dati liecina, ka: 1) *P. gigantea* infekcija analizētajās ripās 2...40 m attālumā samazinās, bet šis samazinājums ir mazāks kā iepriekš veiktajos pētījumos attiecībā uz *Heterobasidion* spp. (Brūna et al., 2021); 2) *P. gigantea* var izkonkurēt *Heterobasidion* tikai pie ļoti augsta lielās pergamentsēnes sporu fona. Jāatzīmē, ka samērā tuvu eksperimenta ierīkošanas vietai atrodas ar *Heterobasidion* spp. ļoti stipri inficēta egles audze, kurā konstatēti arī aktīvi sporulējoši *Heterobasidion* spp. augļķermeņi. To, ka lielā pergamentsēne pie augsta sakņu piepes infekcijas fona nevar konkurēt ar *Heterobasidion* spp., apstiprina Ogres parauglaukumā iegūtie rezultāti, eksponējot priežu ripas (4.8. attēls). Šajā parauglaukumā uz eksperimentā iekļautā koka saknēm tika atrasti arī *Heterobasidion* spp. augļķermeņi, kuri bija ļoti tuvu lielās pergamentsēnes augļķermeņiem, zem kuriem tika eksponētas Petri plates un skuju koku ripas. Tas arī izskaidro, kāpēc uz ripām zem *P. gigantea* augļķermeņiem konstatēts arī *Heterobasidion* spp. Līdzīgi rezultāti iegūti arī 2021. gadā ierīkotajā eksperimentā Tīreļu mežniecības teritorijā.

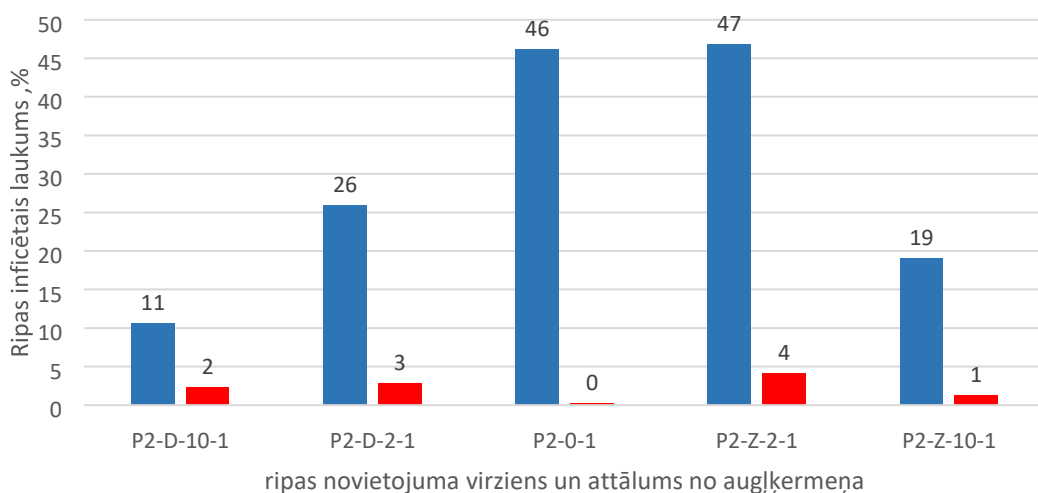


A



B

4.7. att. *P. gigantea* un *Heterobasidion* sporulācijas gradients priekš ripās Kalsnavas parauglaukumā (P13) Z-D virzienos (A) un A-R virzienos (B); 0 – zem augļķermeņa; 2, 10, 20, 40 – attālums metros no augļķermeņa.



**4.8. att. *P. gigantea* un *Heterobasidion* sporulācijas gradients priedes ripās Ogres parauglaukumā (P2) Z-D virzienos; 0 – zem auglķermeņa, 2, 10 – attālums metros no auglķermeņa.**

Mūsu pētījumā konstatēts, ka oktobra-novembra mēnešos *P. gigantea* izdalīto sporu daudzums 10 metru attālumā dažādos virzienos no auglķermeņiem Kalsnavas 13.parauglaukumā ir vidēji 18,4 tūkst. līdz 34,3 tūkst., bet Ogres 2. parauglaukumā 11,0-16,6 tūkst. uz m<sup>2</sup>/min (4.5. un 4.6. tabula). Atšķirības varētu būt saistītas ar auglķermeņu dimensijām, auglķermeņu vitalitāti, veģetāciju, vēja virzienu utt. . Sporu skaits tieši zem auglķermeņiem minētajā laika periodā, 13. parauglaukumā, bija 17 tūkst. līdz 8,7 milj. sporu (vid. 1,3 miljoni uz m<sup>2</sup> /min), bet Ogres parauglaukumā - 197 tūkst. līdz 1,1 milj. (vid. 560 tūkstoši uz m<sup>2</sup> /min). *P. gigantea* sporulācijas intensitāte 4. parauglaukumā vidēji bija 53 tūkstoši sporu uz m<sup>2</sup>/min. Iegūtie dati liecina, ka laikā no 14. oktobra līdz 13. novembrim *P. gigantea* sporulē ļoti intensīvi, ko apstiprina arī mūsu iegūtie rezultāti, 12 parauglaukumos analizējot priežu ripu inficētību ar *Heterobasidion* spp./*P. gigantea*. Sporulācijas intensitāti, protams, ietekmēja arī meteoroloģiskie faktori, kā temperatūra un gaisa mitrums.

**4.5. tabula. Lielās pergamentsēnes sporulācija (sporu skaits Petri platē) vienā minūte uz kvadrātmētru Ogres iecirkņa 2. un 4. parauglaukumā.**

<b>Auglķerm. apzīm./ datums</b>	<b>14.10.22.</b>	<b>24.10.22.</b>	<b>29.10.22.</b>	<b>04.11.22.</b>	<b>12.11.22.</b>
PG2-0-01*	220399	667453	1131916	984990	350256
PG2-0-02	197168	301560	500366	691408	Nav datu
PG2-Z-21	17275	34847	12590	9361	22338
PG2-Z-22	14892	34400	9747	11913	12062
PG2-Z-101	9531	14296	10560	6808	13403
PG2-Z-102	14296	12062	13809	6382	9382
PG2-D-21	6552	19657	14621	5106	7595
PG2-D-22	19062	16530	10966	8935	12956
<b>Auglķerm. apzīm./ datums</b>	<b>14.10.22.</b>	<b>24.10.22.</b>	<b>29.10.22.</b>	<b>04.11.22.</b>	<b>12.11.22.</b>
PG2-D-101	19657	22785	8529	10212	9382
PG2-D-102	33358	21891	12184	11913	Nav datu
PG4-0-01	17275	218017	38421	23678	23678
PG4-0-02	14892	57185	40208	17870	Nav datu

\*PG2,PG4– parauglaukums; O- zem auglķermeņa; Z,D- virziens; 2,10- attālums metros; katrā uzskaites punktā eksponētas divas Petri plates.

**4.6. tabula. Lielās pergamentsēnes sporulācija (sporu skaits Petri platē) vienā minūte uz kvadrātmetru 13. parauglaukumā.**

<b>Auglķerm. apzīm./ datums</b>	<b>14.10.22.</b>	<b>17.10.22.</b>	<b>21.10.22.</b>	<b>29.10.22.</b>	<b>06.11.22.</b>	<b>13.11.22.</b>
PG13-0-01*	51824	293965	8768920	20998	437374	204614
PG13-0-02	76246	372147	3277846	16977	2399078	497239
PG13-A-21	66120	169320	137154	8935	71034	14743
PG13-A-22	74459	185850	160832	14296	39761	16977
PG13-A-101	48250	59865	26359	11169	44229	8488
PG13-A-102	53015	65226	22338	8935	54951	9829
PG13-R-21	25614	40655	20551	3127	36187	8935
PG13-R-22	27401	39314	24125	3574	60759	7595
PG13-R-101	27401	22785	13849	4914	27252	8935
PG13-R-102	29188	31273	15636	4468	29039	6255

\*PG13- parauglaukums; A,R- virziens; citi apzīmējumi kā tabulā 4.5 .

Mūsu pētījumā tika novērtēta arī *Heterobasidion* auglķermeņu sporulācijas intensitāte (skat. 6. pielikumu), eksponējot Petri plates Ogres iecirkņa parauglaukumos 1-4. Laikā no 10. oktobra līdz 12. novembrim izdalīto sporu daudzums zem *Heterobasidion* auglķermeņiem uz 1 m<sup>2</sup> bija vidēji 1,7 miljoni sporu (4914...12 369 771 m<sup>2</sup>/min). Tādējādi mūsu pētījumi apstiprina, ka arī sakņu trupi izraisošā sēne *Heterobasidion*, līdzīgi kā trupes izplatību ierobežojošā *P. gigantea*, oktobra-novembra mēnešos sporulē ļoti intensīvi. Pārreķinot iegūtos datus par *P. gigantea* un *Heterobasidion* vidēji izdalīto sporu daudzumu uz vienu m<sup>2</sup> stundas laikā, secinām, ka *P. gigantea* sporu daudzums sastāda 38 miljonus sporu, bet *Heterobasidion* - 102 miljonus sporu. Analīzē tika iekļauti dati par *P. gigantea* izdalīto sporu daudzumu Ogres iecirknī (Pr. 2 un 4) un Kalsnavas 13. parauglaukumā. Dati par to, ka *Heterobasidion* sporulē intensīvāk kā *P. gigantea*, apstiprina iegūtos rezultātus par priežu ripu inficētību 12 analizētajos parauglaukumos oktobra-novembra mēnešos (skat. attēlu 4.5.). Protams, kā jau iepriekš minēts, palielinoties attālumam no auglķermeņa, sākot no 10 metriem, uzskaitīto sporu daudzums samazinās, tomēr attiecībā pret *P. gigantea* samazinājums nav tik ievērojams kā pret *Heterobasidion*, jo sakņu piepes izdalīto sporu daudzums būtiski samazinās 1-5 metru attālumā (Brūna, et. al, 2021). Iegūtie dati apstiprina arī iepriekšējo eksperimentu rezultātus par aktīvu lielās pergamentsēnes sporulāciju rudens mēnešos. Tomēr, pētījums ļauj secināt, ka dabiskās *P. gigantea* infekcija ir nepietiekama, lai būtiski ierobežotu *Heterobasidion* bazīdijsporu infekciju egles audzēs, neskatoties uz to, ka atsevišķos parauglaukumos, *P. gigantea* auglķermeņi tika atrasti 50-100 m attālumā no eksponētajām ripām. Iegūtie dati apstiprina jau iepriekš izteiktās atziņas, ka svarīgi ir atrast ne tikai *P. gigantea*, bet arī citu celmus kolonizējošo sēņu sugu izolātus, kas varētu sekmīgi konkurēt ar *Heterobasidion* skuju koku koksnē. 2023. gada rudenī Ogres iecirkņa teritorijā tika atrasti vēl 12 *P. gigantea* auglķermeņi, zem kuriem 12.,13. un 18. novembrī, izmantojot Petri plates, veikta sporu uzskaitē. Izdalīto sporu daudzums bija no 6,2 tūkst. līdz 298 tūkst. sporu vienā minūtē uz m<sup>2</sup>. Šos auglķermeņus paredzēts izmantot 2022. gadā plānotajos eksperimentos. Turpmākajā darbā nepieciešams salīdzināt *Heterobasidion* un *P. gigantea* sporulācijas intensitāti pavasara mēnešos, kā arī



novērtēt *P. gigantea* augļķermeņu attīstības dinamiku sezonas laikā, lai analizētu *P. gigantea*/*Heterobasidion* mijiedarbību ar *Heterobasidion* stipri inficētās audzēs.

#### 4.3.3. Secinājumi

1. *Heterobasidion* sporu infekcija laikā no maija līdz novembrim konstatēta visās analizētajās egles audzēs Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novada un Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirkņa teritorijās, neatkarīgi no sakņu trupes sastopamības audzē.
2. Lielās pergamentsēnes augstākā sporulācijas intensitāte atzīmēta maijā un oktobrī, bet *P. gigantea* dabiskās infekcijas fons analizētajās egles audzēs ir nepietiekams, lai ierobežotu *Heterobasidion* sporu attīstību kā egles, tā priedes koksnē.
3. *P. gigantea* sporulācijas gradients ir atšķirīgs no *Heterobasidion*, jo 40 metru attālumā no *P. gigantea* augļķermeņiem izdalīto sporu daudzums ir pietiekami augsts, lai sekmīgi konkurētu ar *Heterobasidion*. Iegūtie rezultāti apstiprina lokālo *P. gigantea* sporu avotu nozīmi skuju koku celmu, īpaši priežu, aizsardzībā pret *Heterobasidion* bazīdijsporu infekciju.
4. Oktobra-novembra mēnešos *Heterobasidion* augļķermeņu izdalīto sporu daudzums stundas laikā uz vienu kvadrātmetru 2,5 reizes pārsniedz *P. gigantea* izdalīto sporu daudzumu.

#### 4.4. Priedes provinenču/gimeņu rezistences novērtējums ar *Heterobasidion* inficētā platībā

2022. gada rudenī MPS Kalsnavas mežu novada 210. kvartāla 10. nogabalā apsekota daļa (1,2 ha) no iepriekšierīkotā priežu eksperimentālā stādījuma, kurā iepriekš izdalīti un kartēti *Heterobasidion* infekcijas centri. Minētajā platībā uzskaitīti visi kaltošie koki, tie identificēti saskaņā ar stādījumu shēmu. No visiem kaltošajiem kokiem paņemti divi paraugi (koksnes ripas pie stumbra sakņu kakla) turpmākai analīzei. Kopā ievākti paraugi no 36 bojā gājušiem kokiem (uz 22 kokiem konstatēti *Heterobasidion* augļķermeņi). Laboratorijā koksnes paraugi nomizoti, nomazgāti un inkubēti istabas temperatūrā. Pēc tam veikta ripu apskate, izmantojot stereomikroskopu, nosakot *Heterobasidion* klātbūtni pēc sēnei raksturīgajām struktūrām – konīdijnesējiem, ko tā veido koksnē. *Heterobasidion* konīdijnesēji konstatēti 11 kokiem. No ievāktajiem paraugiem ar pinceti paņemti *Heterobasidion* konīdijnesēji un ievietoti Petri platē ar iesala – agara barotni. Sēne tīrkultūrā izdalīta no 10 kokiem. Turpmākajos pētījumos paredzēts apsekot pārējos *Heterobasidion* infekcijas centrus eksperimentālo stādījumu platībā, lai izdalītu rezistentākās priežu proveniencas.

#### 4.5. Noskaidrot koksnes endofītu lomu skuju koku rezistencē pret sakņu trupi izraisošām sēnēm, t.sk. veikt egļu stumbra analīzi, lai izvērtētu dažādu *Neonectria fuckeliana* izolātu izraisītos bojājumus.

Koksnes endofīti (mikroorganismi, kas kolonizē dzīvus augu audus) parasti neizraisa saimniekaugu slimības, turklāt tiem ir pat stimulējoša ietekme, veicinot izturību pret nelabvēlīgiem vides faktoriem (Waller et al., 2005; Bandara et al., 2007; Terhonen et al., 2019).

Egles koksne bieži sastopamā askusēne *Neonectria fuckeliana* arī tiek uzskatīta kā koksnes endofīts, kas neizraisa koku bojājumus (Vasiliauskas, Stenlid, 1998), tomēr, jaunākos pētījumos ir pierādīts, ka *N. fuckeliana* izraisa stumbra vēzi parastai eglei (Pettersson et al., 2018). Līdz šim zinātniskajā literatūrā ir ļoti maz informācijas par koksnes endofītu attīstību trupējušās eglēs. Mūsu darba mērķis ir novērtēt *N. fuckeliana* izplatību parastās egles koksne Latvijā, kā arī noskaidrot koksnes endofītu lomu skuju koku rezistencē pret sakņu trupi izraisošām sēnēm.

#### 4.5.1. Eksperimenta dizains un koksnes paraugu ievākšana

2011. gadā, VD reģiona Ogres iecirknī (501-162-9), kopā ar kolēģiem no Zviedrijas lauksaimniecības universitātes Meža fakultātes, tika ierīkots eksperiments, ar trīs dažādiem *N. fuckeliana* izolātiem, inficējot 60 egles. Inficēšana tika veikta, izvēlētajām eglēm krūšu augstumā ar Preslera svārpstu izveidotā urbumā (dziļums ~5 cm) iepilinot *Neonectria fuckeliana* izolāta suspensijas. Kontrolei izmantoja sterilizētu ūdeni. Tādējādi, katrai eglei tika veikti četri urbumi, kas marķēti ar atšķirīgām krāsām (~5cm zem urbuma vietas). Izveidojušās stumbra brūces tika izmērītas 2012. un 2013. gadā, krāsu marķējumi regulāri atjaunoti arī turpmākajos gados. 2022. gada jūlija-augusta mēnešos visas eksperimentā iekļautās egles tika atkārtoti apsekotas: izmērītas brūču dimensijas, izvēlēti paraugkoki iekrāsojuma novērtēšanai stumbrā un ievākti koksnes paraugi. No 60 sākotnēji inficētajiem kokiem turpmākajā datu analizē iekļauti 59 koki (viens no šiem kokiem bija izgāzts). Augošiem kokiem noteikts diametrs krūšu augstumā, sakņu kakla diametrs, novērtēta vitalitāte (mizas, vainaga stāvoklis). Izmantojot Preslera svārpstu 45 kokiem tika paņemti koksnes paraugi no katras sākotnējās inokulācijas vietas 2-3 cm virs un zem brūces, respektīvi, no katra koka iegūti astoņi koksnes paraugi. Pirms parauga ievākšanas tika nozāģēti trīs koki, lai iegūtu pilotinformāciju par sēnes krāsojuma izplatību stumbrā. Šajā gadījumā, koksnes paraugi tika paņemti, izmantojot kalnu.

No izdalītajiem koksnes paraugiem 180 ir paredzēti DNS izdalīšanai, bet pārējie paraugi, kas iegūti no minētajiem 45 kokiem, 10 paraugkokiem, kas paredzēti sazāģēšanai un trīs piloteksperimentā izmantotajiem kokiem, kā arī viena izgāztā, tika analizēti uz Hagem barotnes. Līdz šim *N. fuckeliana* izdalīta no 46 paraugiem. Pēc koksnes paraugu ievākšanas no augošiem kokiem, visi eksperimentā izmantotie koki tika nozāģēti (4.8. attēli A un B).



A



B

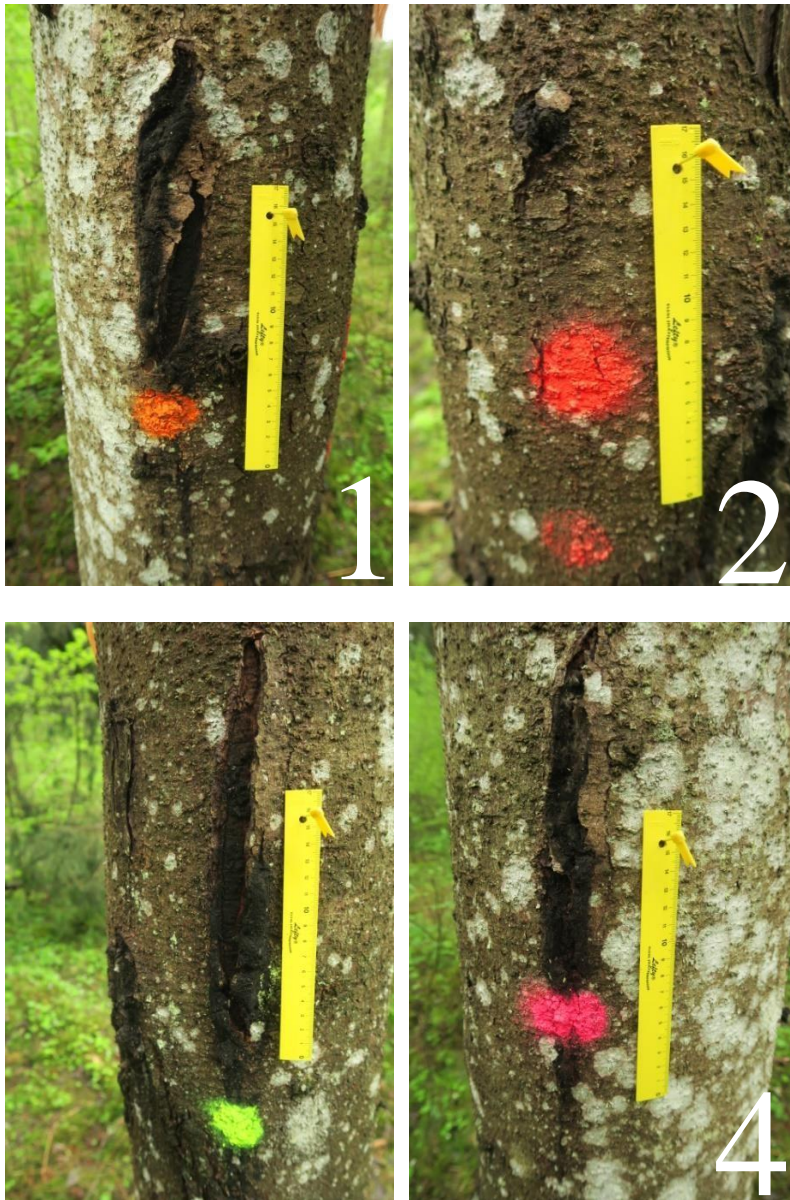
4.8. att. Eksperimentālā audze: A - 2022. jūnijā, B - 2022. gada augustā.

2022. gada septembrī no celmiem (visi celmi ir marķēti ar attiecīgā koka numuru) tika paņemtas ripas, lai uzmērītu trupi izraisošās sēnes aizņemto laukumu, kā arī ievākti koksnes paraugi patogēnu identifikācijai. Šobrīd tiek veikta iegūto paraugu sagatavošana DNS analīzēm.

#### **4.5.2. *N. fuckeliana* izraisītās stumbra brūces**

Novērtējot eksperimentā izmantoto endofītu izolātu izraisītās egļu stumbra brūces (4.9. attēls), secināts, ka:

1. *N. fuckeliana* izolātam Nr.1 brūces garums ir no 8 līdz 42 cm (vidēji 21,02 cm) un platums no 1 līdz 5 cm (vidēji 2,73 cm).
2. *N. fuckeliana* izolātam Nr.3 brūces garums ir no 9 līdz 37 cm (vidēji 18,12 cm) un platums no 1 līdz 6 cm (vidēji 2,42 cm).
3. *N. fuckeliana* izolātam Nr.4 brūces garums ir no 7 līdz 23 cm (vidēji 16,89 cm) un platums no 1 līdz 4 cm (vidēji 2,13 cm).
4. Kontroles variantā (Nr.2) brūces garums ir no 1 līdz 27 cm (vidēji 6,88 cm) un platumā no 1 līdz 5 cm (vidēji 1,65 cm).



**4.9. att. *N. fuckeliana* izraisītās stumbra brūces. 1, 3, 4 – *N. fuckeliana* izolāti, 2-kontrole.**

#### **4.5.3. *N. fuckeliana* izolātu izraisītais koksnes iekrāsojums**

Lai novērtētu *N. fuckeliana* izraisīto iekrāsojumu stumburā pavisam tika izmantoti 13 koki; 10 egles tika sazāģētas 4-6 cm biezās ripās (4.10. attēls), bet trīs kokiem inficētā stumbra daļa tika sazāģēta gareniski (4.11. attēls).



A



B

**4.10. att. Eksperimentā izmantotās egles (Nr. 4) ripas. A - stumbra šķērsriezums 11 cm attālumā virzienā uz galotni; B- stumbra šķērsriezums inokulācijas vietā; 1, 3, 4 – *N. fuckeliana* izolāti, 2-kontrole.**

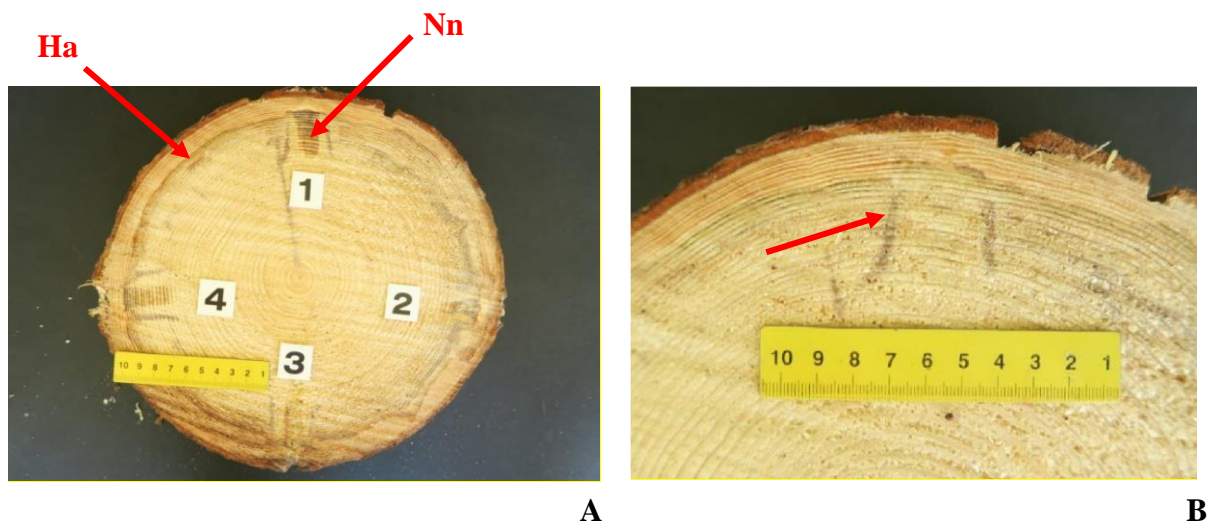
*Heterobasidion* sastopamība, inkubējot ripas, tika novērtēta 53 audzē nozāģētajiem egļu celmiem, un *Heterobasidion* tika atrasts 13 celmos (24,5%). No stumbra analīzē izmantotajiem 13 kokiem *Heterobasidion* konstatēts divos kokos – Nr. 22 un Nr. 41. *Neonectria* sp. izraisītais iekrāsojums koksnē dažādiem izolātiem atšķiras. Kontroles variantā kopējais iekrāsojums (vertikāli uz augšu un uz leju) ir 47 cm, bet ar trīs dažādiem *Neonectria* sp. izolātiem 63...70 cm (vidēji 67 cm). *Neonectria* izplatību koksnē varēja ietekmēt koku rezistence. Ir pierādīts, ka, piemēram, *P. gigantea* attīstība dažādos kokos atšķirās būtiski (Sun et al., 2009a). Protams, *Neonectria* izplatību ietekmēja arī citas koksnī kolonizējošās sēnes, piemēram, *Heterobasidion* (4.12. attēls).



4.11. att. *Neonectria* sp. izolātu izraisītais iekrāsojums eglē (Nr.34); R-virziens stumbrā uz augšu; (1, 3 izolāti).

Šobrīd tiek veikta iegūto datu apstrādes un DNS izdalīšana. Ievāktu stumbra koksnes paraugu ģenētiskās analīzes (kopējā DNS sekvenēšana) tiks veikta kopā ar kolēģiem no Zviedrijas Lauksaimniecības Universitātes (Dr. A. Menkis).

Daļa no iegūtajiem rezultātiem par egles koksnes endofītiem kopā ar igauņu kolēģiem apkopota publikācijā, kas iesniegta žurnālam “Fungal Ecology”.



4.12. att. *Neonectria* sp. un *Heterobasidion* spp. mijiedarbība koksnē. A- *Neonectria* sp. izraisītais iekrāsojums (Nn); *Heterobasidion* spp. izraisītais iekrāsojums (Ha); B- abu sēņu mijiedarbības zona (bulta); 1-4 *Neonectria* sp. un kontroles izolāti.

#### 4.5.4. Secinājumi

Pamatojoties uz mūsu analizēto empīrisko materiālu, esam konstatējuši, ka eksperimentā izmantotie *Neonectria* sp. izolāti Latvijas apstākļos egles stumbrā 10 gadu laikā var izraisīt līdz 40 cm garas brūces (vidēji 18 cm).

## BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

- Allmér, J., Vasiliauskas, R., Ihrmark, K., Stenlid, J., Dahlberg, A. (2006). Wood-inhabiting fungal communities in woody debris of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), as reflected by sporocarps, mycelial isolations and T-RFLP identification. *FEMS Microbiology Ecology*, 55(1), 57-67. doi: 10.1111/j.1574-6941.2005.00010.x.
- Anselmi, N., Cardin, L., Nicolotti, G. (1994). Plane decline in European and Mediterranean countries: associated pests and their interactions. *EPPO Bulletin* 24, 159-171.
- Anselmi, N., Nicolotti, G. (1997). Biological control of *Heterobasidion annosum* in the forest by non-pathogenic wood-destroying fungi. In: Root and butt rots of forest trees: 9th International Conference on Root and Butt Rots, Carcans-Maubuisson, (France), 1-7 September 1997, p. 421-428.
- Aosaar, J., Drenkhan, T., Adamson, K., Aun, K., Becker, H., Buht, M., Drenkhan, R., Fjodorov, M., Jürimaa, K., Morozov, G., et al. (2020). The effect of stump harvesting on tree growth and the infection of root rot in young Norway spruce stands in hemiboreal Estonia. *Forest Ecology and Management*, 475, 118425.
- 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.
- Baumanis, I., Pīrāgs, D., Smilga, J. (1986). Mareja priede. Ātraudzīgās introducēto skuju koku sugas meža kultūrās. Apskats. Rīga. LatZTIZPI, 34-42 lpp.
- Baumanis, I., Birģelis, J., Paegle, M. (1993). Klinškalnu priede (*Pinus contorta dougl.* var. *Latifolia Englem*) un tās introdukcijas perspektīva Latvijā. – *Mežzinātne*, 2(35): 4-15.
- Baumanis, I., Jansons, A., Neimane, U. (2014). Priede: Selekcija, Ģenētika un Sēklkopība Latvijā [Scots Pine: Breeding, Genetics and Seed Orchard Management]; Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds “Saule”: Daugavpils, Latvia.
- Baumgartner, K., Coetzee, M. P. A., Hoffmeister, D. (2011). Secrets of the subterranean pathosystem of *Armillaria*. *Molecular Plant Pathology*, 12 (6): 515 – 534 pp.
- Bandara, N.J.G.J., Hettiaratchi, J.P.A., Wirasinghe, S.C., Pilapiiya, S. (2007). Relation of Waste Generation and Composition to Socio-Economic Factors: A Case Study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 135, 31-39. <https://doi.org/10.1007/s10661007-9705-3>
- 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.
- Bérubé, J.A., Dubé, J., Potvin, A. (2018). Incidence of *Heterobasidion irregulare* aerial basidiospores at different locations in southern Quebec. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 40(1), 34-38.
- Bendz-Hellgren, M., Stenlid, J. (1998). Effects of clear-cutting, thinning, and wood moisture content on the susceptibility of Norway spruce stumps to *Heterobasidion annosum*. *Canadian Journal of Forest Research*, 28, 759-765.
- Bilay, V. I., Elanskaya, I. (1982). Methods of experimental mycology. Kiev: Naukova Dumka, 418-430.(In Russian).



- Boddy, L. (2000). Interspecific combative interactions between wood-decaying basidiomycetes. *FEMS Microbiology Ecology*, 31(3), 185–194. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2000.tb00683.x>
- Brandtberg, P. O., Johansson, M., Seeger, P. (1996). Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 261-268.
- Brglez, A., Ogris, N. (2019). Situation of *Armillaria* spp. and *Heterobasidion* spp. In Slovenia. *Baltic Forestry*, 25(1), 2–9. <https://doi.org/10.46490/vol25iss1pp002>
- Brūna, L., Kļaviņa, D., Zaļuma, A., Kenigvalde, K., Burņeviča, N., Nikolajeva, V., Gaitnieks, T., Piri, T. (2020). Efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* conidiospore and basidiospore infection in spruce wood. *IForest*, 13(5), 369–375. <https://doi.org/10.3832/ifor3279-013>
- Brūna, L., Lione, G., Kenigvalde, K., Burņeviča, N., Zaļuma, A., Kļaviņa, D., Gaitnieks, T., Gonthier, P. (2021). Inferences on the susceptibility of wood of different tree species to *Heterobasidion annosum* sensu lato primary infections and on the range of pathogen spores dispersal. *Forests*, 12 (7), 854. <https://doi.org/10.3390/f12070854>
- Burņeviča, N., Zaļuma A., Kļaviņa D., Brūna L., Legzdiņa L. & Gaitnieks T. (2021): Initial and long-term fungal diversity and occurrence of *Heterobasidion* spp. in Norway spruce root fragments remaining in soil after stump extraction, *Scandinavian Journal of Forest Research*, DOI: 10.1080/02827581.2021.1890814
- Buša, I. (2020). Celmenes *Armillaria* spp. sastopamība parastās egles (*Picea abies* (L.) H. Karst) koksnē. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, 67 lpp.
- Cech, T. L., Steyrer, G., Ļakomy, P. (2008). Preliminary results of Norway spruce stump treatment with *Hypholoma fasciculare* and *Phlebiopsis gigantea* in an Austrian Alpine protection forest. – In: Garbelotto, M., Gonthier, P. (eds.) Proceedings of the 12th International Conference on Root and Butt Rots of Forest Trees. August 12-19, 2007. Berkley, California, Medford, Oregon, USA, 192-194.
- Cinovskis, R. (1993). "Greizā" priede. – *Mežzinātne*, 2(35): 15-21.
- Cleary, M. R., Arhipova, N., Morrison, D. J., Thomsen, I. M., Sturrock, R. N., Vasaitis, R., Gaitnieks, T., Stenlid, J. (2013). Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *Forest Ecology and Management*, 290, 5–14. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.05.040>
- Engelmark O., Sjöberg K., Andersson B., Rosvall O., Ågren G., Baker W., Barklund P., Björkman C., Despain D., Elfving B., Karlman M., Knight D., Lindelöw A., Nilsson C., Sörlin S., Sykes M. (2001). Ecological effects and management aspects of an exotic tree species: the case of lodgepole pine in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 141: 3-13.
- Gaitnieks, T., Klavina, D., Muiznieks, I., Pennanen, T., Velmala, S., Vasaitis, R., Menkis, A. (2016). Impact of *Heterobasidion* root-rot in fine root morphology and associated fungi in *Picea abies* stands on peat soils. *Mycorrhiza*, 26(5), 465-473 pp.
- Gaitnieks, T., Brūna, L., Burņeviča, N., Kenigvalde, 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 lpp.

- Gaitnieks, T., Zaļuma, A., Kenigšvalde, K., Brūna, L., Kļaviņa, D., Burņeviča, N., Stenlid, J., Jankovský, L., Vasaitis, R. (2020). Natural infection and colonization of precommercially cut stumps of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* by *Heterobasidion* rot and its biocontrol fungus *Phlebiopsis gigantea*. *Biological Control*, 143, 104208.
- 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., Silbauma, L., Muižnieks, I., Zaļuma, A., Kļaviņa, D., Burņeviča, N., Grosberga, M., Lazdiņš, A., Piri, T. (2022). Spread of *Heterobasidion* genotypes in Norway spruce stands on drained peat soil in Latvia. *Canadian Journal of Forest Research*, 52(4): 499 – 510 pp. DOI: 10.1139/cjfr-2021-0309
- Garbelotto, M., Gonthier, P. (2013). Biology, epidemiology, and control of *Heterobasidion* species worldwide. *Annu Rev Phytopathol*, 51, 39–59.
- Garraway, M. O., Hüttermann, A., Wargo, P. M. (1991). Ontogeny and Physiology – In: Shaw C.G., Kile G.A. (eds.) *Armillaria* root disease. USDA Forest Service. Agriculture Handbook No. 691, Washington, D.C.: 48 – 61 pp.
- Gonthier, P. (2010). Controlling root and butt rot diseases in Alpine European forests. – In: Arya, A., Perelló, A. E. (eds.). *Management of Fungal Plant Pathogens*, CAB International, Wallingford, 345-361.
- Gonthier, P., Thor, M. (2013). Annosus root and butt rots. – In: Gonthier, P., Nicolotti, G. (Eds.), *Infectious Forest Diseases*. CAB International, Wallingford, New York, pp.128–158.
- Greig, B.J.W. (1976). Biological control of *Fomes annosus* by *Peniophora gigantea*. *Eur. J. For. Pathol.* 6 (2), 65–71. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1976.tb00508.x>
- Guillaumin, J. J., Mohammed, C., Anselmi, N., Courtecuisse, R., Gregory, S. C., Holdenrieder, O., Intini, M., Lung, B., Marxmüller, H., Morrison, D., Rishbeth, J., Termorshuizen, A. J., Tirrón, A., van Dam, B. (1993). Geographical distribution and ecology of the *Armillaria* species in western Europe. *European Journal of Forest Pathology*, 23 (6-7), 321–341 pp.
- Hagner, S. (1971). Cultivation of *Pinus contorta* in northern Sweden. *Sver. Skogsvrdsförb. Tidskr.*, 69 (3), pp. 219-246.
- Gunulf, A., Mc Carthy, R., Rönnberg, J. (2012). Control efficacy of stump treatment and influence of stump height on natural spore infection by *Heterobasidion* spp. of precommercial thinning stumps of Norway spruce and birch. *Silva Fennica*, 46(5), 655–665.
- Hagner, S. (1983). *Pinus contorta*: Sweden's third conifer. DOI:10.1016/S03781127(83)80002-4
- Hagner, S., (1993). SCA's provenance experiments with lodgepole pine in north Sweden. In: Lindgren, D. (ed.), *Pinus contorta* from untamed forests to domesticated crop, Proceedings of the IUFRO meeting and Frans Kempe Symposium 1992, on *Pinus contorta* provenances and breeding. Report 11, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Swedish University of Agricultural Science, Umeå:146–161.
- Hamberg, L., Hamberg, K., Korhonen, J., Hantula, J. (2012). Interaction between *Chondrostereum purpureum* and *Phlebiopsis gigantea* in mixed suspensions and their

- biocontrol efficacy in spruce logs and birch stumps. *Biocontrol Science and Technology*, 22(10) Follow journal DOI: 10.1080/09583157.2012.720673\
- Hansson, P. (2007). Susceptibility of different provenances of *Pinus sylvestris*, *Pinus Contorta* and *Picea abies* to *Gremmeniella abietina*. *Forest Pathology*, 28(1): 21 - 3 pp.
- Heggertveit, J., Solheim, H. (1998). Stubberegistrering av råte i gran etter hogst i kommunene Molde, Nesset og Rauma. (In Norwegian). Rapp skogforsk 16/98: 1–13.
- Heinzelmann, R., Rigling, D. (2016). Mycelial fan formation of three sympatric *Armillaria* species on excised stem segments of *Picea abies*. *Forest Pathol.*, 46, 187-199 pp.
- Heinzelmann, R., Dutech, C., Tsykun, T., Labbé, F., Soularue, J., Prospero, S. (2019). Latest advances and future perspectives in *Armillaria* research. *Canadian journal of plant pathology*, 41(1), 1 – 23 pp.
- Hintikka, V. (1974). Notes on the ecology of *Armillariella mellea* in Finland. *Karstenia*, 14, 12–31. pp.
- Holdenrieder, O., Von, O. (1984). Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung von *Heterobasidion annosum* an Fichte (*Picea abies*) mit antagonistischen Pilzen. II. Interaktionstests auf Holz. *European Journal of Forest Pathology*, 14, 137-153.
- Holdenrieder, O., Greig, B.J.W. (1998). Biological methods of control. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control. CAB International, Wallingford, UK, 235–258.
- Holmer, L., Stenlid, J. (1993). Biological control of *Heterobasidion annosum* by cord-forming basidiomycetes – In: Johansson M., Stenlid J. (eds.), 8th International Conference on Root and Butt Rots. Conference proceedings, August 9-16, 1993. Wik, Sweden and Haikko, Finland: 686-695.
- Holmer, L., Stenlid, J. (1996). Release of a cord-forming basidiomycete antagonistic to *Heterobasidion annosum* and its subsequent reisolation and identification. In: Jensen, D.F., Jansson, HB., Tronsmo, A. (eds) Monitoring Antagonistic Fungi Deliberately Released into the Environment. *Developments in Plant Pathology*, 8. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-1698-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1698-2_9)
- Hunt, R. S., Wilcox, W. W., Cobb, F. W. (1974). Resistance of stump tops to colonization by *Fomes annosus*. *Canadian Journal of Forest Research*, 4, 140 – 142 pp.
- 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 pp.
- Jansson, G., Hansen, J.K., Haapanen, M., Kvaalen, H., Steffenrem, A. (2017). The genetic and economic gains from forest tree breeding programmes in Scandinavia and Finland. *Scand. J. For. Res.*, 32, 273–286 pp.
- Kallio, T. (1970). Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. *Acta Forestalia Fennica*, 107, 55 pp.
- Kallio, T. (1971). Protection of spruce stumps against *Fomes annosus* (Fr.) Cooke by some wood inhabiting fungi. *Acta Forestalia Fennica*, 117, 1–20.
- Karlman, M. (2001). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with respect to pathogens. *For. Ecol. Manage.*, 141(1–2): 97–105 pp. doi:10.1016/S0378-1127(00)00492-8.

- Karlman, M. (1981). The introduction of exotic tree species with special reference to *Pinus contorta* in northern Sweden. Review and background. *Studia Forestalia Suecica*, 158, 25.
- Kenigšvalde, K., Donis, J., Korhonen, K., Gaitnieks, T. (2011). *Phlebiopsis gigantea* skujkoku celmu bioloģiskajā aizsardzībā pret *Heterobasidion annosum* s.l. izraisīto sakņu trupi – literatūras apskats. *Mežzinātne*, 23(56), 25–40.
- 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). <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1085081>
- Kile, G. A., McDonald, G. I., Byler, J. W. (1991). Ecology and disease in natural forests. – In: Shaw C.G., Kile G.A. (eds.) *Armillaria* root disease. USDA Forest Service. Agriculture Handbook No. 691, Washington, D.C. USA.: 102 – 121 pp.
- Knight, D.H., Baker, W.L., Engelmars, O., Nilsson, C. (2001). A landscape perspective on the establishment of exotic tree plantations: logpole pine (*Pinus contorta*) in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 141, 131-142.
- Korhonen, K., Holdenrieder, O. (2005). Neue Erkenntnisse über den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s.l.). *Forst und Holz*, 5, 206–211.
- Korhonen, K., Lipponen, K., et al. (1994). Control of *Heterobasidion annosum* by stump treatment with 'Rotstop', a new commercial formulation of *Phlebiopsis gigantea*. Proceedings of the Eight International Conference on Root and Butt Rots, Finland, 1993 August 9-16.
- 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.
- Laiho, R., Penttilä, T., Laine, J. (2004). Variation in soil nutrient concentrations and bulk density within peatland forest sites. *Silva Fennica*, 38(1), 13 pp. <https://doi.org/10.14214/sf.433>
- Łakomy, P., Wernera, A., Broda, Z. (2005). Pathogenicity of *Heterobasidion annosum* S group clones to Norway spruce seedlings. (in:) Mańka M. and Łakomy P. (eds). Root and butt rots of forest trees. Proceedings of IUFRO working Party 7.02.01. 11th international conference on root and butt rots. Poznań-białowieża, Poland. 16–22 aug. 2004: 94–100.
- Lee, L., et al. (2015). Chromatin remodeling factors Isw2 and Ino80 regulate checkpoint activity and chromatin structure in S phase. *Genetics*, 199(4), 1077-91.
- Lukstiņa, D. L. (2017). Celmeņu *Armillaria* spp. dzīvotspēja un patogenitāte Latvijas izcelsmes priežu *Pinus sylvestris* un egļu *Picea abies* stādos. Rīga: Latvijas Universitāte, 51 lpp.
- Lygis, V., Vasiliauskas, R., Stenlid, J. (2004). Planting *Betula pendula* on pine sites infested by *Heterobasidion annosum*: Disease Transfer, Silvicultural Evaluation, and Community of Wood-Inhabiting Fungi. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(1), 120–130. <https://doi.org/10.1139/x03-202>.
- Lygis, V. (2005). Root Rot in North-Temperate Forest Stands: Biology, Management and Communities of Associated Fungi. Doctor's dissertation. ISSN 1652-6880, ISBN 91576-7003-X

- Mallet, K. I., Volney, W.J.A. (2011). The effect of *Armillaria* root disease on lodgepole pine tree growth. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(2):252-259. DOI:10.1139/x98203
- Meredith, D.S., 1960. Further observations on fungi inhabiting pine stumps. *Ann. Bot.*, 24 (1), 63–78. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a083689>.
- Miezīte, O. (2017). Meža aizsardzība. II daļa. Meža fitopatoloģija, LVM, 173 lpp.
- Morrison, D. J. (1982). Variation among British isolates of *Armillaria mellea*. *Trans. Br. mycol. Soc.*, 78 (3): 459-464 pp.
- Morrison, D. J., Redfern, D.B. (1994). Long-term development of *Heterobasidion annosum* in basidiospore-infected Sitka spruce stumps. *Plant Pathology*, 43, 897-906.
- Möykkynen, T., von Weissenberg, K., Pappinen, A. (1997). Estimation of dispersal gradients of S- and P-type basidiospores of *Heterobasidion annosum*. *European Journal of Forest Pathology*, 27, 291-300. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1997.tb01083.x>.
- Negrutskii, S. F. (1986). Root fungus. 2nd edn. Agropromizdat, Moscow. 196 pp. (in Russian).
- Oliva, J., Bernat, M., Stenlid, J. (2013). Heartwood stump colonization by *Heterobasidion parviporum* and *H. annosum* s.s. in Norway spruce (*Picea abies*) stands. *Forest Ecology and Management*, 295, 1-10.
- 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.
- Oliva, J., Messal, M., Wendt, L., Elfstrad, M. (2017). Quantitative interactions between the biocontrol fungus *Phlebiopsis gigantea*, the forest pathogen *Heterobasidion annosum* and the fungal community inhabiting Norway spruce stumps. *Forest Ecology and Management*, 402, 253-264. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.07.046>
- Pettersson, M., Talgø, V., Frampton, J., Karlsson, B., Rönnerberg, J. (2018). Pathogenicity of *Neonectria fuckeliana* on Norway spruce clones in Sweden and potential management strategies. *Forests*, 9(3), 105. <https://doi.org/10.3390/f9030105>.
- Piri, T., Korhonen, K. (2001). Infection of advance regeneration of Norway spruce by *Heterobasidion parviporum*. *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 937 – 942.
- Piri, T. (2003). Silvicultural control of *Heterobasidion* root rot in Norway spruce forests in southern Finland. Regeneration and vitality fertilization of infected stands (väitöskirja). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja - The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 898. 64 s. + 4 osajulk.
- Piri, T., Hamberg, L. (2015). Persistence and infectivity of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce root residuals following stump harvesting. *Forest Ecology and Management*, 353, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.05.012>
- 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.
- Prospero, S., Holdenrieder, O., Rigling, D. (2004). Comparison of the virulence of *Armillaria cepistipes* and *Armillaria ostoyae* on four Norway spruce provenances. *Forest Pathology*, 34, 1 – 14 pp.
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Raziq, F., Fox, R.T.V. (2005). Combinations of fungal antagonists for biological control of Armillaria root rot of strawberry plants. *Biological Agriculture & Horticulture*, 23,1, 4557, DOI: 10.1080/01448765.2005.9755307
- Redfern, D. B. (1973). Growth and behaviour of *Armillaria mellea* rhizomorphs in soil. *Trans. Br. mycol. Soc.*, 61 (3), 569-581 pp.
- Redfern, D. B. (1978). Infection by *Armillaria mellea* and some Factors Affecting Host Resistance and the Severity of Disease. *Forestry. An International Journal of Forest Research*, 51 (2), 121 – 135 pp.
- Redfern, D.B., Filip G.M. (1991). Inoculum and infection. – In: Shaw C.G., Kile G.A. (eds.) *Armillaria* root disease. USDA Forest Service. Agriculture Handbook No. 691, Washington, D.C.: 48 – 61 pp.
- Rieksts-Riekstiņš, R., Zeltiņš, P., Baliuckas, V., Brūna, L., Zaļuma, A., Kāpostiņš, R. (2020). *Pinus sylvestris* breeding for resistance against natural infection of the fungus *Heterobasidion annosum*. *Forests*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.3390/f11010023>
- Rishbeth, J. (1959). Dispersal of *Fomes annosus* Fr. and *Peniophora gigantea* (Fr.) Masee. *Transactions of the British Mycological Society*, 42(2), 243–260.
- Rishbeth, J. (1972). Resistance to Fungal Pathogens of Tree Roots. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Vol. 181, No. 1064, A Discussion on Disease Resistance in Plants (Jun. 6, 1972), pp. 333-351. <http://www.jstor.org/stable/76114>
- Roll – Hansen, F. (1978). Fungi dangeourus at *Pinus contorta* with special reference to pathogens from North Europe. *European Journal of Forest Pathology*, 8, 1-14.
- Segebaden, G. (1993). Lodgepole pine in Sweden - a situation report. ISSN : 0348-7954
- 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. (1987). Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2, 187-198.
- Stenlid, J. (1994). Regional differentiation in *Heterobasidion annosum*. – In: Johansson, M., Stenlid, J. (eds.). *Root and butt rots: proceedings of the IUFRO Working Party S2.06.01, Wik, Sweden and Haikko, Finland, August 9-16, 1993*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 243–248.
- Stokland, J.N., Larsson, K.H. (2011). Legacies from natural forest dynamics: Different effects of forest management on wood-inhabiting fungi in pine and spruce forests. *Forest Ecology and Management*, 261(11): 1707-1721.
- Sun, H., Korhonen, K., Hantula, J., Kasanen, R. (2009a). Variation in properties of *Phlebiopsis gigantea* related to biocontrol against infection by *Heterobasidion* spp. in Norway spruce stumps. *Forest Pathology*, 39, 133–144.
- Sun, H., Korhonen, K., Hantula, J., Asiegbu, O. F., Kasanen, R. (2009b). Use of a breeding approach for improving biocontrol efficacy of *Phlebiopsis gigantea* strains against *Heterobasidion* infection of Norway spruce stumps. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 69, 266273.

- Terhonen, E., Blumenstein, K., Kovalchuk, A., Asiegbu, F. O. (2019). Forest tree microbiomes and associated fungal endophytes: Functional role and impact on forest health. *Forests*, 10, 42, 1-33.
- Tubby, K.V., et al. (2008). Relationship between stump treatment coverage using the biological control product PG Suspension, and control of *Heterobasidion annosum* on Corsican pine, *Pinus nigra ssp., laricio*. *For. Path.*, 38 (2008), 37–46. doi: 10.1111/j.14390329.2007.00519.x
- Thor, M. (2003). Operational stump treatment against *Heterobasidion annosum* in European forestry – current situation. – In: Laflamme G., Bérubé, J.A., Bussièrès, G. (eds.). Proceedings of the 10<sup>th</sup> IUFRO conference on root and butt rots of forest trees, 2001 Sep 16-22; Quebec (Canada): Laurentian Forestry Centre. p. 170-175.
- Twery, M. J., Mason, G. N., Wargo, P. M., Gottschalk, K. W. (1990). Abundance and distribution of rhizomorphs of *Armillaria* spp. in defoliated mixed oak stands in western Maryland. *Canadian Journal of Forest Research*, 20 (6), 674 – 678 pp.
- Vainio, E.J., Lipponen, K., Hantula, J. (2001). Persistence of a biocontrol strain of *Phlebiopsis gigantea* in conifer stumps and its effects on within-species genetic diversity. *Forest Pathology*, 31(5), 285–295.
- van der Wal, A., Klein Gunnewiek, P. J. A., Cornelissen, J. H. C., Crowther, T. W., de Boer, W. (2016). Patterns of natural fungal community assembly during initial decay of coniferous and broadleaf tree logs. *Ecosphere*, 7,7.
- 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.
- Vasiliauskas, R., Stenlid J. (1998). Spread of *Stereum sanguinolentum* vegetative compatibility groups within a stand and within stems of *Picea abies*. *Silva Fennica*, 32, 4 article id 672. <https://doi.org/10.14214/sf.672>
- Vasiliauskas, R., Juška, E., Vasiliauskas, A., Stenlid, J. (2002). Community of Aphyllorphorales and root rot in stumps of *Picea abies* on clear-felled forest sites in Lithuania. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17, 398-407.
- Vasiliauskas, R., Lygis, V., Thor, M., Stenlid, J. (2004). Impact of biological (Rotstop) and chemical (urea) treatments on fungal community structure in freshly cut i stumps. *Biological Control*, 31(3), 405–413.
- Vasiliauskas, R., Larsson, E., Larsson, K.H., Stenlid, J. (2005). Persistence and long-term impact of Rotstop biological control agent on mycodiversity in *Picea abies* stumps. *Biological Control*, 32(2), 295–304.
- Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Hückelhoven, R., Neumann, C., von Wettstein, D., Franken, P., Kogel, K. H. (2005). The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102(38), 13386-91.
- Webber, J., Thorpe, K. (2003). Potential for biological control of *Heterobasidion annosum* in the UK using Rotstop. In: Laflamme G, Bérubé JA, Bussièrès G, editors. Proceedings of the 10th IUFRO conference on root and butt rots of forest trees; 2001 Sep 16–22; Quebec, Canada. Ottawa: Canadian Forest Service. p. 221–225.

- Weissenberg, K. (1975). Pathogens observed on lodgepole pine grown in Finland. *European Journal of Forest Pathology*, 5(5): 309-317
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Woodward, S., Greig, B. J. W. (1998). *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact, and control. *Heterobasidion Annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International.
- Yafetto, L. (2018). The structure of mycelial cords and rizomorphs of fungi: A mini review. *Mycosphere*, 9 (5): 984 – 998 pp.
- Zaluma, A., Gaitnieks, T., Arhipova, N., Vasaitis, R. (2015). Growth rates of *Heterobasidion annosum* s.s. and *H. parviporum* in functional sapwood of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. *Forest Pathology*, 45(5), 437–439. <https://doi.org/10.1111/efp.12220>
- Zaluma, A., Bruna, L., Klavina, D., Burnevica, N., Kenigšvalde, K., Lazdins, A., Gaitnieks, T. (2019a). Growth of *Phlebiopsis gigantea* in wood of seven conifer species. *Forest Pathology*, 49(6). <https://doi.org/10.1111/efp.12555>
- Zaļuma, A., Muižnieks, I., Gaitnieks, T., Burneviča, N., Jansons, Ā., Jansons, J., Stenlid, J., Vasaitis, R. (2019b). 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 2022. gadā apsekotās vidēja vecuma priežu audzes

Audzes atslēga	Audzes platība, ha	Meža tips	Vecums, gadi	Sakņu trupe, ir/nav
206-287-16	0.22	Ln	57	0
206-280-7	2.64	Ln	40	0
201-360-19	0.79	Ln	42	0
201-360-23	2.44	Ln	54	0
706-230-10	0.23	Dm	50	0
706-119-40	0.22	Ln	54	0
706-105-2	0.98	Ln	50	0
702-331-4	1.45	Ln	56	0
702-81-31	0.33	Mr	58	1
703-16-23	0.75	Ln	58	0
702-84-6	0.21	Mr	57	1
703-118-33	0.16	Dm	44	0
703-131-1	2.41	Ln	42	0
310-105-4	2.05	Ln	55	0
311-325-24	1.32	Mr	53	0
311-334-10	2.67	Dm	45	0
809-222-22	0.79	Ln	58	0
809-218-18	1.8	Ln	55	0
811-311-1	1.3	Dm	46	0
812-38-39	0.69	Ln	57	0
812-38-26	1,04	Mr	51	0
810-188-26	0.49	Ln	49	0
808-50-29	1.57	Ln	46	0
808-14-28	0.5	Ln	45	0
805-160-10	0.68	Mr	58	0

111-627-16	1.5	Mr	46	0
111-621-3	1.26	Ln	54	0

2. pielikums. Apstiprinājums bakalaura darba izstrādei

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE  
BOTĀNIKAS UN EKOLOĢIJAS KATEDRA

CELMENŅU *ARMILLARIA* SPP. SASTOPAMĪBA  
PARASTĀS EGLES *PICEA ABIES* AUDZĒS KŪDREŅOS

Bakalaura darbs

Autors: Katrīna Smeltere

Stud. apl. Nr.: ks19096

Darba vadītājs: Dr. silv. Tālis Gaitnieks

Darba vadītāja: Dr. biol. Egita Zviedre

### 3. pielikums. Atsauce uz LVM izstrādātajam bakalaura darbam

#### Kopsavilkums

Darbs izstrādāts Latvijas Valsts mežzinātnes institūta „Silava” Fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijā un Ģenētisko resursu centrā. Pētījums veikts akciju sabiedrības „Latvijas valsts meži” un Latvijas valsts mežzinātnes institūta „Silava” zinātnietilpīgā līgumdarba „Sakņu trapes bojājumu risku mazināšana un tās ietekmes izpēte” ietvaros.

Pētījumā analizēta celmeņu *Armillaria* spp. sastopamība ar *Heterobasidion* spp. inficētās parastās egles *Picea abies* audzēs ar nosusinātām kūdras augsnēm. Rizomorfu paraugi ievākti piecos parauglaukumos Meža pētīšanas stacijas „Kalsnava” teritorijā. Izmantojot programmu Win RHIZO 2005 C, analizēti rizomorfu morfoloģiskie rādītāji. *Armillaria* spp. sugu noteikšanai izmantota rizomorfu DNS un sugām specifiski praimerī. Secināts, ka analizētajos parauglaukumos sastopamas *A. cepistipes* (96%) un *A. borealis* (7,7%). Noskaidrots, ka skaidu substrāta izmantošana ļauj novērtēt rizomorfu veidošanās potenciālu kūdras augsnēs.

Atslēgvārdi: *Armillaria* spp., *Picea abies*, nosusināta kūdras augsne, rizomorfas *Heterobasidion* spp.



4. **pielikums.** Apkopotā informācija par skuju un lapu koku uzņēmību pret sakņu piepi

	<i>H.abietinum</i>	<i>H.annosum</i>	<i>H. parviporum</i>	<i>H. irregulare</i>	<i>H. occidentale</i>
<i>Abies alba</i> Mill.	+++a	+	0	-	-
<i>Abies nebrodensis</i> Mattei	+		++	-	-
<i>Larix decidua</i> Mill.	+	+++	++	-	-
<i>Larix sibirica</i> Ledebour	-	+	++	-	-
<i>Larix eurolepis</i> Henry	-	+++	-	-	-
<i>Larix kaempferi</i> Carr.	-	+++	-	-	-
<i>Picea abies</i> (L.) Karst	0	++	++++	-	-
<i>Pinus cembra</i> L./ <i>P.sibirica</i> Du Tour	0	+	++	-	-
<i>Pinus pinea</i> L.	0	++	0	++b	-
<i>Pinus sylvestris</i> L.	0	+++	+(+)	(+)c	-
<i>A.concolor</i> (Gord.&Glend.) Lindl.ex.Hildebr.	-	-	-	0	+++
<i>A.grandis</i> (Douglas ex. D.Don) Lindl.	-	-	-	0	+++
<i>Calocedrus decurrens</i> (Torr.) Florin	-	-	-	+++	+
<i>Juniperus</i> spp.	-	+++	-	++++	++
<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière	-	++++b	-	0	++++
<i>Pinus elliotii</i> Englem.	-	-	-	++++	+
<i>Pinus jeffreyi</i> Balf.	-	-	-	++(+)	+
<i>Pinus ponderosa</i> Lawson&C.Lawson	-	-	-	+++	+
<i>Pinus contorta</i> Dougl	-	+++	+	+++	-
<i>Pinus mugo</i> Turr.	-	+++	-	-	-
<i>Pinus radiata</i> D.Don	-	-	-	+	+
<i>Pinus resinosa</i> Aiton	-	-	-	+++	+
<i>Pinus taeda</i> L.	-	-	-	++++	+
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	+b	++++b	-	+	++
<i>Sequoiadendron giganteum</i> (Lindl.) J.Buchholz	-	-	-	0	++
<i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don	-	-	-	0	++

<i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg.	-	-	-	0	++++
<i>Betula</i> sp.	-	++	0	+	0
<i>Quercus</i> sp.	-	+	-	+ <sup>c</sup>	-
<i>Fagus</i> sp.	-	++	-	+	-
<i>Alnus incana</i>	-	+	-	-	-
<i>Populus tremula</i>	-	(+)	-	-	-
<i>Sorbus</i> sp.	-	+	-	-	-
	<b><i>H.abietinum</i></b>	<b><i>H.annosum</i></b>	<b><i>H. parviporum</i></b>	<b><i>H. irregulare</i></b>	<b><i>H. occidentale</i></b>
<i>Fagus sylvatica</i>	-	+	-	-	-
<i>Prunus</i> sp.(tai skaitā <i>Padus avium</i> )	-	+	-	-	-

<sup>a</sup>Uzņēmību raksturojošie rādītāji:

++++- stipra;

+++ - vidēja;

++ vāja;

+ reti konstatējami bojājumi (atsevišķi gadījumi); 0-nav bojāts (neuzņēmīgs); Nav pieejama informācija(-).

<sup>b</sup>Alopatriskā saimnieka un patogēna kombinācija.

<sup>c</sup>*H. irregulare* Eiropā ievests 20 gs. vidū, šobrīd konstatēts Vidusjūras reģionā, attiecīgi tur biežāk sastopamjām koku sugām, bet sagaidāms, ka laika gaitā patogēns tiks konstatēts arvien jauniem saimniekaugiem.

## 5. pielikums. Kalsnavas un Ogres parauglaukumu botāniskā sastāva apraksti.

### Ogres parauglaukumu apraksti; apsekojums veikts 10.10.2022.

#### Objekts Nr.1.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze samērā bieza.

Krūmu stāvs: *Acer platanoides*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Quercus robur*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*, *Viburnum opulus* – samērā biezs.

Lakstaugu stāvs: *Aegopodium podagraria*, *Asarum europaeum*, *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis arundinacea*, *Carex digitata*, *C. sylvatica*, *C. remota*, *Equisetum sylvaticum*, *Galeobdolon luteum*, *Galium odoratum*, *Hepatica nobilis*, *Lathyrus vernus*, *Luzula pilosa*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Pulmonaria obscura*, *Ranunculus cassubicus*, *Rubus idaeus*, *R. saxatilis*, *Solidago virgaurea*, *Stachys sylvatica*, *Stellaria holostea*, *S. nemorum*, *Viola riviniana*, *V. mirabilis* – samērā biezs.

Sūnu stāvs: *Dicranum majus*, *Eurhynchium angustirete*, *Hylocomium splendens*, *Plagiochila asplenioides*, *Plagiomnium undulatum*, *Rhodobryum roseum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Thuidium tamariscinum* – labi attīstīts.

#### Objekts Nr.2.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze vidēji bieza.

Krūmu stāvs: *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Corylus avellana*, *Frangula alnus*, *Picea abies*, *Quercus robur*, *Sorbus aucuparia*, *Viburnum opulus* – rets.

Lakstaugu stāvs: *Calamagrostis arundinacea*, *Carex globularis*, *Cirsium oleraceum*, *Deschampsia caespitosa*, *Dryopteris carthusiana*, *Equisetum sylvaticum*, *Luzula pilosa*, *Lysimachia vulgaris*, *Mycelis muralis*, *Oxalis acetosella*, *Potentilla erecta*, *Rubus idaeus*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea* – samērā rets.

Sūnu stāvs: *Dicranum majus*, *Eurhynchium angustirete*, *Hylocomium splendens*, *Plagiochila asplenioides*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *Rhodobryum roseum*, *Sphagnum capillifolium*, *S. magellanicum*, *S. girgensohnii* – labi attīstīts.

#### Objekts Nr.3.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze vidēji bieza.

Krūmu stāvs: *Acer platanoides*, *Frangula alnus*, *Lonicera xylosteum*, *Picea abies*, *Sorbus aucuparia*, *Ulmus glabra* – vidēji biezs.

Lakstaugu stāvs: *Aegopodium podagraria*, *Angelica sylvestris*, *Asarum europaeum*, *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis arundinacea*, *Carex digitata*, *C. sylvatica*, *Crepis paludosa*, *Equisetum sylvaticum*, *Galeobdolon luteum*, *Impatiens parviflora*, *Luzula pilosa*, *Lysimachia vulgaris*, *Mercurialis perennis*, *Mycelis muralis*, *Oxalis acetosella*, *Pulmonaria obscura*, *Ranunculus cassubicus*, *R. repens*, *Stellaria holostea*, *S. nemorum*, *Urtica dioica*, *Viola mirabilis* – vidēji biezs.

Sūnu stāvs: *Cirriphyllum piliferum*, *Eurhynchium angustirete*, *Hylocomium splendens*, *Plagiochila asplenioides*, *Rhodobryum roseum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sciuro-hypnum curtum* – labi attīstīts.

#### Objekts Nr.4.



Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze vidēji bieza.

Krūmu stāvs: *Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum*, *Fraxinus excelsior* – vidēji biezs.

Lakstaugu stāvs: *Actaea spicata*, *Aegopodium podagraria*, *Athyrium filix-femina*, *Carex sylvatica*, *Dryopteris filix-mas*, *Galeobdolon luteum*, *Hepatica nobilis*, *Lathyrus vernus*, *Mercurialis perennis*, *Mycelis muralis*, *Oxalis acetosella*, *Ranunculus cassubicus*, *Stachys sylvatica*, *Stellaria holostea*, *Urtica dioica*, *Viola mirabilis* – samērā biezs.

Sūnu stāvs: *Cirriphyllum piliferum*, *Eurhynchium angustirete*, *Plagiochila asplenioides*, *Plagiomnium ellipticum*, *Rhodobryum roseum*, *Rhytidiadelphus subpinnatus*, *Thuidium tamariscinum* – labi attīstīts.

Objekts Nr.5.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze vidēji bieza.

Krūmu stāvs: *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Quercus robur*, *Sorbus aucuparia* - samērā rets.

Lakstaugu stāvs: *Athyrium filix-femina*, *Calamagrostis arundinacea*, *Dryopteris carthusiana*, *D. expansa*, *Equisetum sylvaticum*, *Lysimachia vulgaris*, *Mycelis muralis*, *Rubus idaeus*, *Pteridium aquilinum*, *Solidago virgaurea*, *Vaccinium myrtillus* – vidēji biezs.

Sūnu stāvs: *Dicranum majus*, *Eurhynchium angustirete*, *Hylocomium splendens*, *Plagiochila asplenioides*, *Plagiomnium ellipticum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii* – labi attīstīts.

Kalsnavas parauglāukumu apraksti; apsekojums veikts 26.08.2022.

Objekts Nr.6.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze vidēji bieza.

Krūmu stāvs: *Sorbus aucuparia*, *Corylus avellana*, *Betula pendula*, *Frangula alnus* – rets.

Lakstaugu stāvs: *Calamagrostis arundinacea*, *Dryopteris carthusiana*, *Fragaria vesca*, *Luzula pilosa*, *Lycopodium annotinum*, *Lysimachia vulgaris*, *Molinia caerulea*, *Rubus idaeus*, *Veronica officinalis* – vidēji attīstīts.

Sūnu stāvs: *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis* – labi attīstīts.

Objekts Nr.7.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze bieza.

Krūmu stāvs: nav.

Lakstaugu stāvs: *Dryopteris carthusiana*, *Luzula pilosa*, *Lysimachia vulgaris*, *Mycelis muralis*, *Urtica dioica* – ļoti rets.

Sūnu stāvs: *Hylocomium splendens*, *Eurhynchium angustirete*, *Plagiomnium affine*, *Rhodobryum roseum* – labi attīstīts vai vidējs.

Objekts Nr.8.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze bieza.

Krūmu stāvs: nav.

Lakstaugu stāvs: *Dryopteris carthusiana*, *Luzula pilosa*, *Lysimachia vulgaris*, *Viola riviniana* – ļoti rets.

Sūnu stāvs: *Hylocomium splendens*, *Plagiomnium affine*, *Pleurozium schreberi*, *Rhodobryum roseum* – vidēji attīstīts.

Objekts Nr.9.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze vidēji bieza.

Krūmu stāvs: *Sorbus aucuparia*, ļoti rets.

Lakstaugu stāvs: *Calamagrostis arundinacea*, *Dryopteris carthusiana*, *Maianthemum bifolium*, *Mycelis muralis*, *Rubus idaeus* – vidēji attīstīts.

Sūnu stāvs: *Hylocomium splendens*, *Dicranum polysetum*, *Plagiomnium affine*, *Ptilium crista-castrensis*, *Rhodobryum roseum* – vidēji attīstīts.

Objekts Nr.10.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze bieza.

Krūmu stāvs: nav.

Lakstaugu stāvs: *Dryopteris carthusiana*, *Luzula pilosa* – ļoti rets.

Sūnu stāvs: *Hylocomium splendens*, *Plagiomnium affine*, *Pleurozium schreberi*, *Sciurohypnum curtum* – vidēji attīstīts.

Objekts Nr.11.

Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze vidēji bieza.

Krūmu stāvs: *Corylus avellana*, *Sorbus aucuparia*, ļoti rets.

Lakstaugu stāvs: *Athyrium filix-femina*, *Anemone nemorosa*, *Circaea alpina*, *Calamagrostis arundinacea*, *Dryopteris carthusiana*, *Dryopteris filix-mas*, *Equisetum sylvaticum*, *Maianthemum bifolium*, *Moehringia trinervia*, *Mycelis muralis*, *Oxalis acetosella*, *Rubus idaeus*, *Urtica dioica* – vidēji attīstīts, daudz tikai *Oxalis acetosella*.

Sūnu stāvs: *Hylocomium splendens*, *Dicranum majus*, *Plagiomnium affine*, *Pleurozium schreberi* – vidēji attīstīts.

Objekts Nr.12.

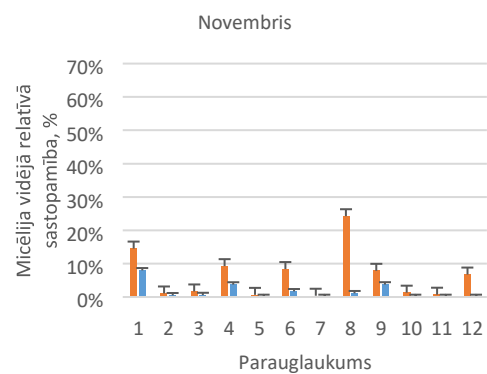
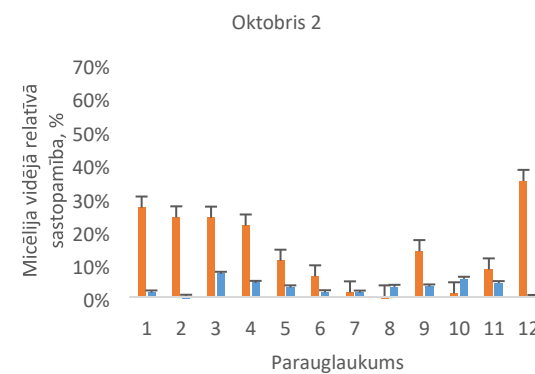
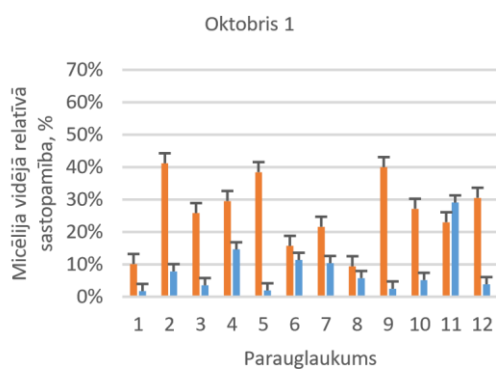
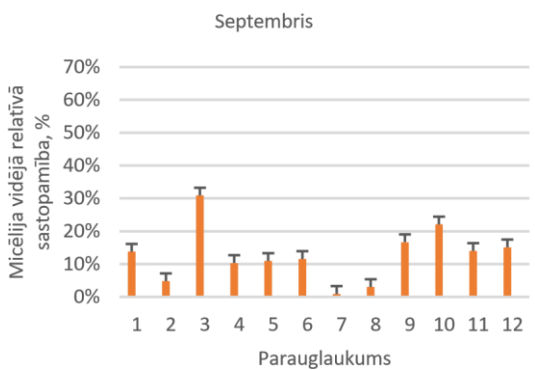
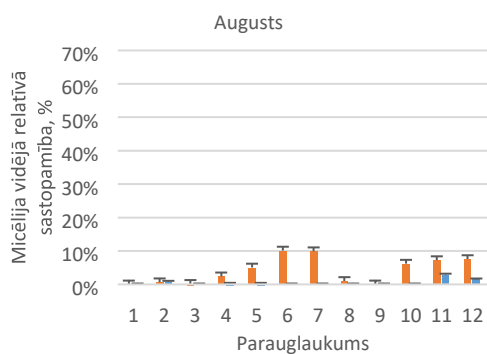
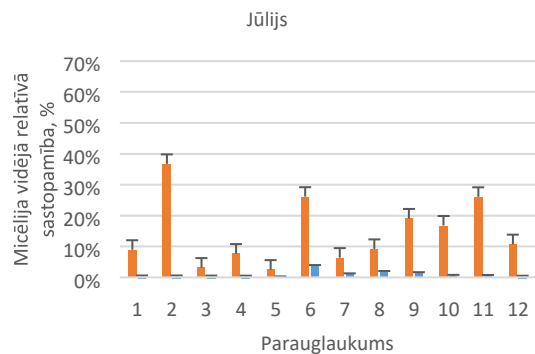
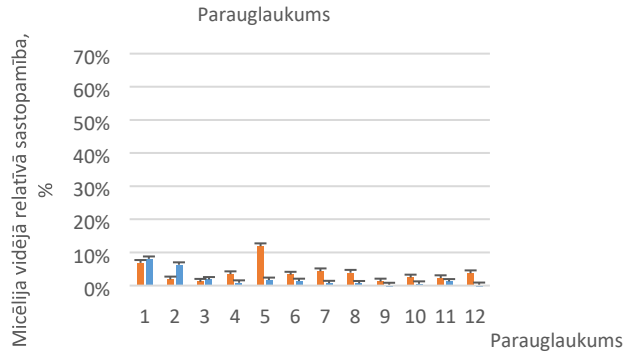
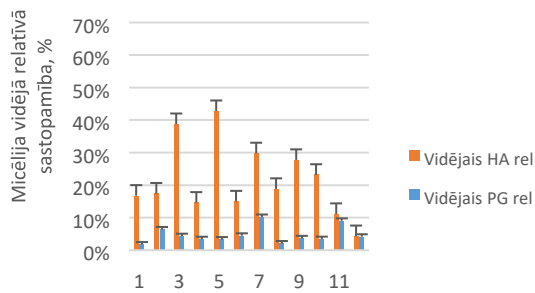
Koku stāvs: *Picea abies* – kokaudze vidēji bieza.

Krūmu stāvs: *Sorbus aucuparia*, ļoti rets.

Lakstaugu stāvs: *Calamagrostis arundinacea*, *Dryopteris carthusiana*, *Equisetum sylvaticum*, *Lycopodium clavatum*, *Lysimachia vulgaris*, *Maianthemum bifolium*, *Mycelis muralis*, *Oxalis acetosella*, *Rubus idaeus*, *Solanum dulcamara*, *Urtica dioica* – vidēji attīstīts.

Sūnu stāvs: *Hylocomium splendens*, *Dicranum majus*, *Plagiochila asplenioides*, *Plagiomnium affine*, *Ptilium crista-castrensis* – labi attīstīts.

**4. pielikums. Lielās pergamentsēnes un *Heterobasidion* sporu infekcija analizētajos parauglaukumos priedes koksnē.**



**5. pielikums. Lielās pergamentsēnes un *Heterobasidion* sporu infekcija analizētajos parauglaurumos egles koksnē**

