



PĀRSKATS
PAR PĒTĪJUMA 2024. GADA REZULTĀTIEM

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

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

Līguma Nr. 5-5.9.1_007q_101_21_79

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS

VADĪTĀJS: Tālis Gaitnieks, LVMI Silava vadošais pētnieks

Salaspils, 2024

SATURS

IEVADS	10
1. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBA SKUJU KOKU AUDZĒS	11
1.1. Sakņu piepes sastopamības novērtējums vidēja vecuma priežu audzēs.....	11
1.1.1. Metodes.....	11
1.1.2. Rezultāti	11
1.1.3. Secinājumi	12
1.2. Sakņu piepes attīstības dinamika priežu jaunaudzēs	13
1.2.1. Metodes.....	13
1.2.2. Rezultāti	14
1.2.3. Secinājumi	16
1.3. <i>Armillaria</i> spp. sugu sastopamība egļu audzēs ar kūdras un minerālaugsnēm.....	17
1.3.1. Lauka darbu metodika	19
1.3.2. Laboratorijas darbu metodika	20
1.3.3. Rezultāti	20
1.3.4. Secinājumi	29
1.4. Augsnes sagatavošanas veida (pacilas vai joslas) ietekmes uz trupi izraisīto sēņu sastopamību novērtējums	29
1.4.1. Metodes.....	29
1.4.1. Rezultāti	30
1.5. <i>Heterobasidion</i> micēlija saglabāšanās inficētos egļu sakņu fragmentos, stādu inficēšanās no trupējušiem sakņu fragmentiem.....	31
1.5.1. Metodes.....	31
1.5.2. Rezultāti.....	31
1.5.3. Secinājumi	33
1.6. Stādu attīstības monitorings celmu izstrādes parauglaukumos.....	34
1.6.1. Metodes.....	34
1.6.2. Rezultāti	34
1.6.3. Secinājumi	35
1.7. Dažāda augstuma mazo dimensiju celmu ietekme uz <i>Heterobasidion</i> izplatību sastāva kopšanas cirtēs.....	35
1.7.1. Metodes.....	35
1.7.2. Rezultāti	35
1.7.3. Secinājumi	36
2. ALTERNATĪVA CELMU APSTRĀDES PREPARĀTA IZSTRĀDE LĪDZ ŠIM PIELIETOTAJAM “ROTSTOP”, TĀ EFEKTIVITĀTES NOVĒRTĒJUMS.....	37
2.1. Somijā ražotā preparāta “Rotstop” efektivitātes monitorings un vietējo <i>P. gigantea</i> izolātu pārbaude.....	37
2.1.1. Metodes.....	37
2.1.2. Rezultāti	39
2.2. Citu koksni kolonizējošo sēņu izmantošanas potenciāla novērtējums bioloģisko preparātu efektivitātes uzlabošanā - <i>Trichaptum abietinum</i> nozīme sakņu piepes ierobežošanā	44
2.2.1. Metodes.....	44
2.2.2. Rezultāti	46
2.2.3. Secinājumi	48
2.3. Somijā ražotajam līdzeklim “Rotstop” alternatīva preparāta izstrāde.....	49
2.3.1. Metodes.....	49

2.3.2. Rezultāti	51
2.3.3. Secinājumi	54
3. SAKŅU TRUPI IZRAISOŠO SĒŅU POPULĀCIJU STRUKTŪRA UN DINAMIKA ILGTSPĒJĪGAS MEŽSAIMNIECĪBAS PRAKSĒ PERSPEKTĪVO INTRODUCĒTO KOKU SUGU MEŽAUDZĒS	55
3.1. Informācija par Klinškalnu priedes <i>Pinus contorta</i> un lapegles <i>Larix</i> sp. uzņēmību pret celmeni un sakņu piepi	55
3.1.1. Metodes.....	55
3.1.2. Rezultāti	56
3.1.3. Secinājumi	57
3.2. Perspektīvāko introducēto koku sugu rezistences pret sakņu trupi novērtējums	57
4. Rekomendācijas sakņu piepes izraisīto zaudējumu samazināšanai.....	58
4.1. <i>P. gigantea</i> attīstība trupējušā priedes koksnē	58
4.1.1. Metodes.....	58
4.1.2. Rezultāti	59
4.1.3. Secinājumi	60
4.2. <i>P. gigantea</i> auglķermeņu attīstību ietekmējošie faktori un sporu izdalīšanās potenciāla novērtējums	61
4.2.2. Rezultāti	65
4.2.3. Secinājumi	70
4.3. <i>P. gigantea</i> auglķermeņu attīstības novērtējums egles koksnē	71
4.3.1. Metodes.....	71
4.4. Eksperimentālajos stādījumos izdalīt rezistentāko priežu provenienču/ ģimeņu ģenētisko materiālu priežu audzēs.....	75
4.4.1. Metodes.....	75
4.4.2. Rezultāti	76
4.4.3. Secinājumi	77
Bibliogrāfiskais saraksts.....	78
PIELIKUMI	82

TABULU SARAKSTS

1.2.1. tabula. Ilgtermiņa parauglaurkuma Vecumnieku icirknī raksturojums un kopējais kaldušo un inficēto koku skaits.	15
1.3.1. tabula. Pētījuma audžu raksturojums.....	19
1.3.2. tabula. Analizēto audžu raksturojums.	20
1.3.3. tabula. Rizomorfu vidējais kopējais garums paraugā (cm), dalīts pēc rizomorfu augšanas no augsnē akumulētā micēlija (jaunās rizomorfas) vai sagrieztajām vecākām rizomorfām (reģenerētās rizomorfas).	21
1.3.4. tabula. Vidējie rizomorfu morfoloģiskie parametri virsējā (0 – 10 cm), vidējā (10 – 20 cm) un dziļākajā (20 – 30 cm) skaidu slānī katrā parauglaurkumā.....	23
1.3.5. tabula. Vidējie rizomorfu morfoloģiskie parametri virsējā (0 – 10 cm), vidējā (10 – 20 cm) un dziļākajā (20 – 30 cm) augsnes slānī katrā parauglaurkumā.....	23
1.3.6. tabula. Kūdras raksturojošie parametri analizētajos paraugos.	25
1.3.7. tabula. No augsnes iegūto rizomorfu paraugu piederība <i>Armillaria</i> spp. sugām katrā parauglaurkumā	26
1.3.8. tabula. Apsektās egļu audzes.....	27
1.4.1. tabula. Pētījuma objekti. * objektā veikta jaunaudžu kopšana 2023. gada rudenī.	29
1.4.2. tabula. Ierīkoto un apsektoto parauglaurkumu skaits (2024. gadā konstatēto kaldušo koku skaits).	30
1.5.1. tabula. Ievāktos sakņu paraugu skaits (sakņu fragmentu skaits, no kā izdalīts <i>Heterobasidion</i>) pa parauglaurkumiem un tilpuma grupām.....	32
1.6.1. tabula. Pētījumu objektu raksturojums.....	34
1.7.1. tabula. <i>Heterobasidion</i> un <i>P. gigantea</i> attīstība priežu celmos.....	36
2.1.1. tabula. <i>P. gigantea</i> izolātu augšanas ātrums milimetros dienā uz Hagem agara barotnes.	37
3.1.1. tabula. Apsektās lapegļu audzes.....	55
3.1.2. tabula. Analizētā empīriskā materiāla raksturojums	57
4.1.1. tabula. Eksperimentā iekļauto audžu raksturojums.....	58
4.2.1. tabula. VD reģiona Ogres icirkņa un MPS Kalsnavas mežu novada parauglaurkumos analizēto <i>P. gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> augļķermeņu sporulācija	61
4.2.2. tabula. VD reģiona Ogres icirkņa un MPS Kalsnavas mežu novada parauglaurkumos sporulācijas gradient novērtēšani analizētās ripas.....	64
4.2.3. Meteoroloģiskie apstākļi VD Ogres icirknī ripu eksponēšanas laikā.....	68
4.2.4. tabula. Vidusdaugavas Ogres icirknī 1. un 4. parauglaurkumā un MPS Kalsnava Mežu novada 13. parauglaurkumā analizētās ripas.....	69
4.3.1. tabula. Eksperimentam sagatavotie nogriežņi. Nogriežņu apstrādāšanai izmantots “Rotstop” (R) <i>P. gigantea</i> izolāts 182 (P182), <i>P. gigantea</i> izolāts 382 (p382), sterils ūdens – kontrole (K)	72
4.4.1. tabula. Analizēto parastās priedes provenienču un ģimeņu stādījumu raksturojums.....	75
4.4.2. tabula. <i>Heterobasidion</i> infekcijas raksturojums 2023. un 2024. gadā analizēto parastās priedes provenienču un ģimeņu stādījumos.....	76

ATTĒLU SARAKSTS

1.1.1. att. 2024. gadā apsektotās <i>P. sylvestris</i> vidēja vecuma audzes. Melns aplis – audzē konstatēti kalnuši, simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi; sarkans trīsstūris – konstatēti simptomātiski koki, izdalīts <i>H. annosum</i>	11
1.1.2. att. 2021., 2022., 2023. un 2024. gadā apsektotās <i>P. sylvestris</i> vidēja vecuma audzes. Pelēks aplis – audzē kalnuši koki nav konstatēti; melns aplis – audzē konstatēti kalnuši, simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi; sarkans trīsstūris – konstatēti simptomātiski koki, izdalīts <i>H. annosum</i>	12
1.2.1. att. <i>Heterobasidion</i> augļķermeņi pie kalnušo priežu sakņu kakla (A, B) un saknēm (C).	14
1.2.2. att. Infekcijas centra shematisks attēlojums Vecumnieku iecirknī. Sarkani apli – 2021. gadā inficēti koki, melni - kalnuši, zaļi – augoši koki.	15
1.2.3. att. Vecumnieku novadā priežu audzē 503-292-7 infekcijas centros 2021. un 2023. gadā konstatētie lielākie <i>Heterobasidion</i> genotipi – viena genotipa skartie koki apvilkti ar melnu līniju.	16
1.3.1. att. <i>Armillaria</i> spp. augļķermeņi (A) un micēlijs uz egles koksnes (B).	17
1.3.2. att. <i>Armillaria</i> spp. rizomorfas.	18
1.3.3. att. Egļu audzes celmenes sugu sastopamības novērtējumam.	19
1.3.4. att. Skaidu paraugu daļu ar rizomorfām skaita sadalījums virsējā (0 – 10 cm), vidējā (10 – 20 cm) un dziļākajā (20 – 30 cm) skaidu slānī katrā parauglaukumā	22
1.3.5. att. Rizomorfū garumi ievāktajos parauglaukumos (1 – 7) attiecīgajos dziļumos (0 – 10: 10 – 20: 20 – 30 cm).	24
1.3.6. att. Gruntsūdens līmeņa dziļums parauglaukumos	25
1.3.7. att. Pirmā parauglaukuma shēma. Zaļš aplis – dzīvs koks, dzeltenes aplis kaltis koks, oranžs aplis – celms. Sarkans gredzens apkārt kokiem kam konstatēta <i>Heterobasidion</i> infekcija. Ar līniju savienoti koki, kas inficēti ar viena genotipa <i>Heterobasidion</i> . Kopumā parauglaukumā konstatēti četri atšķirīgi <i>Heterobasidion</i> genotipi.	28
1.5.1. att. Eksperimentālais stādījums <i>Heterobasidion</i> spp. micēlija dzīvotspējas novērtēšanai trupējušos sakņu fragmentos.	31
2.1.1. att. A – egles nogrieznis ar sagatavotām bedrītēm suspensijas iestrādei; 1 – 5: Latvijas izcelsmes izolāti; R – “Rotstop”. B – priedes nogrieznis pēc trīs nedēļu inkubācijas klimata kamerā; 6 – 10: Latvijas izcelsmes izolāti; 11 – PG182 (arī uz nogriežņa zāģējuma virsmas redzams <i>P. gigantea</i> izraisītais iekrāsojums).	38
2.1.2. att. <i>P. gigantea</i> izolātu augšanas ātruma un aizņemtā laukuma novērtējums dažādos dziļumos (3-18 cm) no nogriežņa virsmas: A – egles koksnē; B- priedes koksnē: 6-11 <i>P. gigantea</i> izolāti	39
2.1.3. att. <i>P. gigantea</i> izolātu vidējais augšanas ātrums un aizņemtais laukums <i>Picea abies</i> koksnē. R – “Rotstop”; 1-11 - Latvijas izcelsmes izolāti.	40
2.1.4. att. <i>P. gigantea</i> izolātu vidējais augšanas ātrums un aizņemtais laukums <i>Pinus sylvestris</i> koksnē. R – “Rotstop”; 1-10 - Latvijas izcelsmes izolāti	40
2.1.5. att. <i>P. gigantea</i> izolātu attīstība egles(A) un priedes(B) koksnē. 1-5; 6-11 –Latvijas izcelsmes <i>P. gigantea</i> izolāti. R – “Rotstop”. 3-18 cm – izolātu micēliju aizņemtais laukums analizētājā ripā konkrētajā dziļumā (no nogriežņa zāģējuma virsmas).	41
2.1.6. att. <i>P. gigantea</i> izolātu Nr.1., Nr.2., Nr.4., Nr.6., Nr.8. un “Rotstop” izolāta (R) aizņemtais laukums <i>Picea abies</i> un <i>Pinus sylvestris</i> koksnē 3, 6, 9, 12, 15 un 18 cm dziļumā.	42
2.1.7. att. <i>P. gigantea</i> izolātu radītais iekrāsojums egles koksnē. 6-11 – Latvijas izcelsmes <i>P. gigantea</i> izolāti. 3-18 cm – izolātu micēliju aizņemtais laukums analizētājā ripā konkrētajā dziļumā (no nogriežņa zāģējuma virsmas).	42

2.1.8. att. Izolātu aizņemtais laukums (cm ²) <i>Picea abies</i> koksne trīs, sešu un deviņu centimetru dziļumā. R - “Rotstop”; 1-10 - Latvijas izcelsmes izolāti.....	43
2.1.9. att. <i>P. gigantea</i> izolātu kopējais aizņemtais laukums <i>Picea abies</i> un <i>Pinus sylvestris</i> koksne. R- “Rotstop”; 1-10 – jaunie Latvijas izcelsmes izolāti; 11 – PG182.....	43
2.2.1. att. Egles (A) un priedes (B) nogriežņu virsma sadalīta sektoros. K-kontrole; 1- “Rotstop”; 2-PG182; 3-PG382; 11-PG182+TR19; 12–PG182+TR21; 13– PG382+TR21.	44
2.2.2. att. Eksperimentam sagatavotie nogriežņi <i>Heterobasidion</i> spp. infekcijas novērtējumam (lai izslēgtu vietas heterogenitātes ietekmi uz nogriežņu infekciju tie eksponēti četrās dažādās vietās, nogriežņus attiecīgi marķējot, lai, izvērtējot datus, būtu iespējams fiksēt nogriežņa atrašanās vietu audzē).	45
2.2.3. att. <i>P. gigantea</i> (oranži-brūnā iekrāsojuma robežas marķētas ar zaļu krāsu) un <i>Heterobasidion</i> spp. infekcija (sarkani punkti) apstrādes (1–3) un kontroles (K) sektoros 3–9 cm dziļumā priedes (A) un egles (B) nogriežņos.	46
2.2.4. att. Eksperimentā izmantoto suspensiju efektivitāte <i>Picea abies</i> koksne trīs un deviņu centimetru dziļumā pret <i>Heterobasidion</i> spp. sporu infekciju.	47
2.2.5. att. <i>P. gigantea</i> dabiskās infekcijas izraisītais krāsojums priedes koksne 3 un 6 cm dziļumā. Demarkācijas zonas kontroles sektorā starp atšķirīgiem izolātiem (dabiskā infekcija 3 cm dziļumā) norādītas ar bultu.	48
2.3.1..... att. <i>P.gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> vidēji aizņemtais laukums un sastopamība.	50
2.3.2. att. <i>P. gigantea</i> micēlija attīstība stikla burkāns iesala ekstrakta šķidrā barotnē	51
2.3.3. att. Micēlija filtrēšana un žāvēšana. A – filtrēšana; B – izžāvēti micēlija paraugi.....	51
2.3.4. att. Micēlija attīstība kultivācijas dienās. Augšā mikrobioloģiskā iesala barotne; apakšā – pārtikas iesala ekstrakta barotne.....	52
2.3.5. att. PG182 svara pieaugums 1. eksperimentā.....	52
2.3.6. att. PG182 svara pieaugums 2. eksperimentā.....	52
53	
2.3.7. att. PG182 oīdiu skaita pieaugums 2. eksperimentā.....	53
2.3.8. att. PG182 Oīdiu skaita pieaugums 3. eksperimentā.....	53
2.3.9. att. PG182 oīdiu skaita pieaugums 4. eksperimentā.....	54
3.1.1. att. Audzes apsekošanas shematiskais attēlojums.	55
4.1.1. att. Izraktie celmi no parauglaukuma “Kandavas 2” A – augstais (A1) un B - zemais (A9) ar marķētām paraugu ievākšanas vietām no saknēm.	59
4.2.1. att. <i>P. gigantea</i> sporulācijas novērtējums MPS Kalsnavas mežu novada teritorijā un VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā: A – auglķermenis 4B; B – auglķermeni 1-8A,B; C – auglķermenis PG13-3; D – auglķermenis PG14.....	61
4.2.2. att. A, B – <i>Heterobasidion</i> spp. auglķermenis 1.2.; C, D – <i>Heterobasidion</i> spp. auglķermenis 1.4.	63
4.2.3. att. <i>P. gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> spp. sporu fona novērtējums egļu audzēs (PL.Nr.1.).	63
4.2.4. att. Diennakts vidējā temperatūra VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā 2024.gadā no 25. marta līdz 30. novembrim.	64
4.2.5. att. Mēneša nokrišņu summa VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā 2024 gadā no 25. marta līdz 30. novembrim.	65
4.2.6. att. Vidējais visu eksperimentā iekļauto auglķermeņu sporu skaits uz kvadrātmtru vienā minūtē, atkarībā no auglķermeņa sugas un parauglaukuma grupas (Ogre, Kalsnava) (Ha – <i>Heterobasidion</i> ; Pg – <i>P. gigantea</i>).	65
4.2.7. att. <i>P. gigantea</i> un <i>Heterobasidion</i> spp. auglķermeņu sporulācijas intensitātes dinamika sezonas laikā (Pg – atsevišķi <i>P. gigantea</i> auglķermeņi). (Ha–atsevišķi	

<i>Heterobasidion</i> spp. augļķermeņi). Sporulācijas intensitāte uzrādīta augļķermeņiem, ja izdalīto sporu daudzums novērtēts vismaz 10 reizes sezonā	66
4.2.8. att. <i>Heterobasidion</i> spp. un <i>P. gigantea</i> visu eksperimentā iekļauto augļķermeņu vidējā relatīvā sporu infekcija uz ripām četros parauglaukumos VD reģiona Ogres iecirknī martā – novembrī un augļķermeņu sporulācijas intensitāte. (Ha – <i>Heterobasidion</i> ; Pg – <i>P. gigantea</i>).....	67
4.2.9. att. <i>Heterobasidion</i> spp. un <i>P. gigantea</i> sporulācijas gradients 2. maijā MPS Kalsnavas parauglaukumā. (y ass – micēlija relatīvā sastopamība % priedes ripās; x ass – R, A, Z, D, ZR, DA, ZA, DR – analizētie virzieni; 0 ... 50 attālums no <i>P. gigantea</i> augļķermeņa metros); Ha – <i>Heterobasidion</i> ; Pg – <i>P. gigantea</i>	69
4.2.10. att. <i>Heterobasidion</i> spp. un <i>P. gigantea</i> sporulācijas gradients 20. jūnijā VD Ogres iecirkņa 4. parauglaukumā. (y ass – micēlija relatīvā sastopamība % priedes ripās; x ass – R, A, Z, D, ZR, DA, ZA, DR – analizētie virzieni; 0 ... 50 attālums no <i>P. gigantea</i> augļķermeņa metros); Ha – <i>Heterobasidion</i> ; Pg – <i>P. gigantea</i>	70
4.3.1. att. Egles nogriežņu sagatavošana eksperimentam. A – egles kurām konstatēta <i>Heterobasidion</i> spp. infekcija tika marķētas celma augstumā (norāde ar bultu); B – sagatavotie nogriežņi (parauglaukums Nr.3., koks Nr.10.).....	71
4.3.2. att. Nogriežņu apstrāde ar <i>P. gigantea</i> suspensiju.....	72
4.3.3. att. Eksperimentā iekļautie egļu celmi (1-14 koka numurs).....	74

KOPSAVILKUMS

Pārskata periodā apsekotas 20 vidēja vecuma priežu jaunaudzes, ievākti koksnes paraugi un izolētas *Heterobasidion* tīrkultūras. Ierīkoti divi ilgtermiņa parauglaukumi sakņu piepes izplatības dinamikas novērtējumam.

Egļu audzēs ar kūdras augsnēm septiņos parauglaukumos ievākti paraugi *Armillaria* rizomorfu sastopamības novērtējumam dažādos dziļumos. Noskaidrots, ka lielākais rizomorfu daudzums sastopams līdz 10 cm dziļumam; gan kūdras, gan minerālaugsnēs dominē *A. cepistipes*.

Ilgtermiņa eksperimentā noskaidrots, ka kūdras augsnē trupējušos sakņu fragmentos *Heterobasidion* saglabā dzīvotspēju vismaz sešus gadus. Patogēna micēlija saglabāšanos ietekmē sakņu fragmentu tilpums – paraugos ar 300 cm² tilpumu konstatēts sešas reizes vairāk ar *Heterobasidion* inficēto sakņu, salīdzinājumā ar 50 cm² tilpuma paraugiem. Izrakti 45 priežu celmi, lai novērtētu *Heterobasidion* un *P. gigantea* micēlija attīstību saknēs. Secināts, ka patogēna micēlijs sastopams 44% analizēto celmu. No 1259 analizētajiem sakņu fragmentiem *Heterobasidion* izdalīts 298 paraugos; četrus gadus pēc celmu apstrādes ar *Heterobasidion* konīdijsporām sakņu piepes micēlijs atrasts līdz 150 cm attālumam no sakņu kakla.

Analizējot 10 Latvijas izcelsmes lielās pergamentsēnes izolātus, noskaidrots, ka astoņi izolāti egles koksnē un pieci izolāti priedes koksnē uzrāda lielāku micēlija augšanas ātrumu un aizņemto laukumu, salīdzinājumā ar bioloģiskā preparāta Rotstop sastāvā esošo izolātu. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka iespējams izdalīt vietējās izcelsmes *P. gigantea* izolātus, kas var nodrošināt līdzvērtīgu aizsardzību pret *Heterobasidion* infekciju, salīdzinājumā ar Rotstop. Noskaidrots, ka *Trichaptum abietinum* suspensiju maisījumā kopā ar *P. gigantea* paaugstina *P. gigantea* efektivitāti pret *Heterobasidion*. Priedes koksnē *P. gigantea* dabiskā infekcija nodrošināja 100% aizsardzību pret *Heterobasidion* sporu infekciju.

Četrās egļu audzēs laikā no marta līdz novembrim novērtēts *P. gigantea* sporu infekcijas fons. Analizēta 25 *P. gigantea* auglķermeņu un sešu *Heterobasidion* auglķermeņu sporulācijas intensitāte – veģetācijas periodā *Heterobasidion* izdalīto sporu daudzums 2,5 reizes pārsniedz *P. gigantea* izdalīto sporu daudzumu. Trīs parauglaukumos Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirknī un Meža pētīšanas stacijas teritorijā novērtēts *P. gigantea* sporulācijas gradients. Secināts, ka egļu audzēs *P. gigantea* dabiskā infekcija nevar nodrošināt celmu aizsardzību pret *Heterobasidion*, jo intensīva substrātu kolonizācija ar *P. gigantea* notiek tikai auglķermeņu tuvumā.

Ierīkots ilgtermiņa eksperiments, lai analizētu *P. gigantea* attīstību trupējušā egles koksnē. Nozāģētas 13 egles un sagatavoti 109 divus metrus gari nogriežņi, no kuriem 82 apstrādāti ar *P. gigantea*, bet 26 atstāti kontrolei.

SUMMARY

20 middle-aged pine stands were surveyed, wood samples were collected and *Heterobasidion* pure cultures were isolated. Two long-term plots were established to assess the dynamics of root rot.

In spruce stands with peat soils, seven plots were sampled to assess the occurrence of *Armillaria* rhizomorphs at different depths. It was found that the highest abundance of rhizomorphs occurred to a depth of 10 cm; both peat and mineral soils were dominated by *A. cepistipes*.

A long-term experiment showed that *Heterobasidion* mycelium remains viable for at least six years in root fragments buried in peat soil. The persistence of the mycelium is influenced by the volume of the root fragments, with six times more *Heterobasidion* infected roots found in 300 cm² samples compared to 50 cm² samples. 45 pine stumps were excavated to assess the mycelial development of *Heterobasidion* and *P. gigantea* in roots. It was concluded that the pathogen mycelium was present in 44% of the stumps analysed. *Heterobasidion* was isolated from 298 out of the 1259 root fragments analysed; four years after treatment of the stumps with *Heterobasidion* conidia spores, the mycelium was found up to 150 cm from the root collar.

The analysis of 10 isolates of *P. gigantea* from Latvia showed that eight isolates in spruce wood and five isolates in pine wood showed higher mycelial growth rate and area occupied compared to the isolate in the Rotstop. These results confirm that it is possible to isolate *P. gigantea* isolates of local origin that can provide equivalent protection against *Heterobasidion* infection compared to Rotstop. *Trichaptum abietinum* in suspension with *P. gigantea* was found to increase the efficacy of *P. gigantea* against *Heterobasidion*. Natural infection with *P. gigantea* in pine wood provided 100% protection against *Heterobasidion* spore infection.

The *P. gigantea* spores was assessed in four spruce stands between March and November. The sporulation intensity of 25 *P. gigantea* fruiting bodies and six *Heterobasidion* fruiting bodies was analysed: the number of spores released by *Heterobasidion* during the growing season was 2.5 times higher than the number of spores released by *P. gigantea*. The sporulation gradient of *P. gigantea* was assessed in three plots in the Ogre district of the Central Daugava region and in the territory of the Forest Research Station. It was concluded that in spruce stands natural infection with *P. gigantea* cannot protect the stumps against *Heterobasidion*, because intensive colonisation of substrates by *P. gigantea* occurs only in the vicinity of fruiting bodies.

A long-term experiment was set up to analyse the development of *P. gigantea* in *Heterobasidion* infected wood. 13 spruce trees were felled and 109 two-metre-long billets were prepared, 82 of which were treated with *P. gigantea* and 26 were left as control.

IEVADS

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

Virszdevumā “Sakņu trapes izplatība skuju koku audzēs” 2024. gadā ietverti septiņi darba uzdevumi.

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

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

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

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

1. Apkopot informāciju par Latvijā perspektīvāko introducēto koku sugu (*Pinus contorta*, *Larix* spp.) rezistenci pret sakņu piepes un celmenes bojājumiem.
2. Novērtēt perspektīvāko introducēto koku sugu rezistenci pret sakņu trupi.

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

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

1. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBA SKUJU KOKU AUDZĒS

1.1. Sakņu piepes sastopamības novērtējums vidēja vecuma priežu audzēs

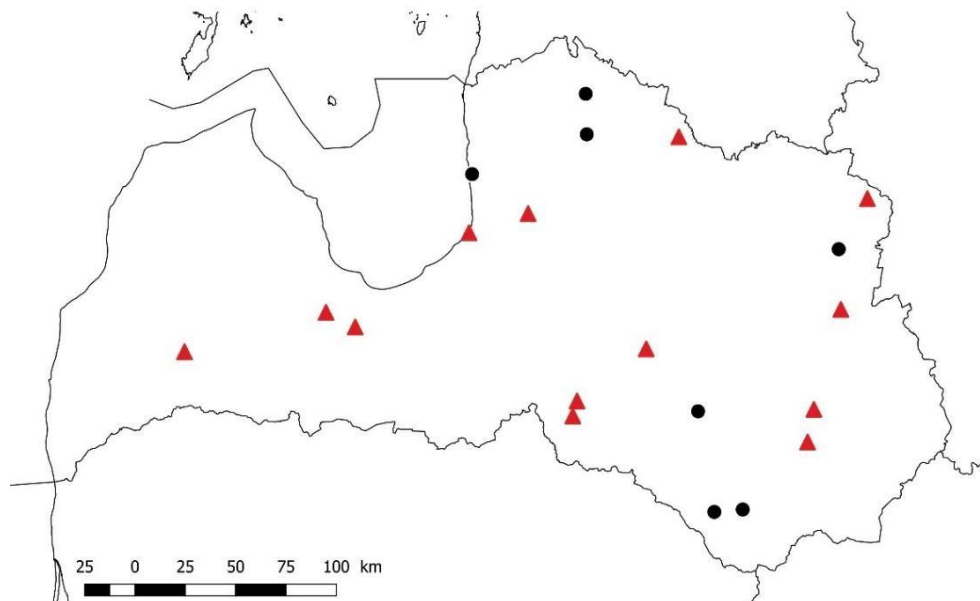
1.1.1. Metodes

Sakņu piepes sastopamības novērtējumam vidēja vecuma priežu audzēs 2024. gadā atlasītas un apsektas 20 audzes. Audžu atlases kritēriji bija audzes vecums (40–60 gadi), sastāvs (10 P), pēdējā kopšana (apsekošanas brīdī kopš tās pagājuši vismaz divi gadi), meža tips (izvēlētas audzes sausieņos) un platība (0,5–3 ha).

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

1.1.2. Rezultāti

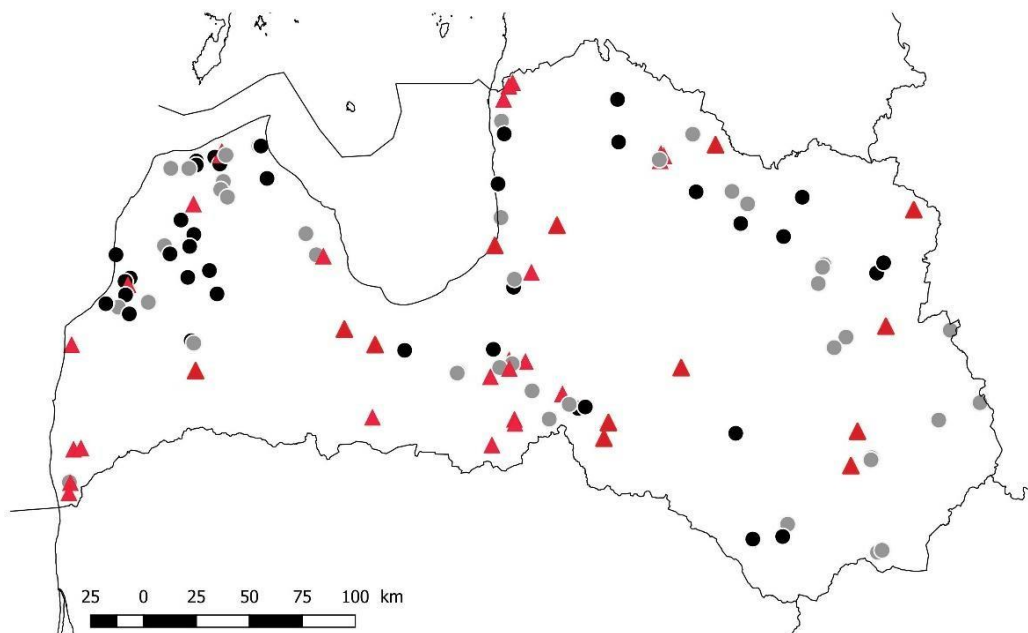
2024. gadā apsektas 20 audzes – sakņu piepes sastopamība novērtēta divās līdz septiņās transektēs katrā audzē (1. pielikums, 1.1.1. attēls); visās audzēs konstatēti kaltoši koki (kopumā 116 koki), bet sakņu piepes auglķermeņi atrasti astoņās audzēs. Ar Preslera svārpstu kopumā paņemti 96 koksnes paraugi no kaltošiem kokiem, lai noteiktu *Heterobasidion* infekciju koksne. *Heterobasidion* infekcija konstatēta 13 audzēs (65% analizēto audžu). Nosakot patogēna sugu izdalītajām tīrkultūrām, visās šajās audzēs apstiprināta *H. annosum* (priežu sakņu piepes) infekcija.



1.1.1. att. 2024. gadā apsekotās *P. sylvestris* vidēja vecuma audzes. Melns aplis – audzē konstatēti kaltoši, simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi; sarkans trīsstūris – konstatēti simptomātiski koki, izdalīts *H. annosum*.

Kopumā no 2021. gada līdz 2024. gadam apsektas 123 vidēja vecuma priežu audzes (2021. gadā – 50, 2022. gadā – 27, 2023. gadā – 26 audzes, 2024. gadā – 20 audzes). Kaltuši, simptomātiski koki konstatēti 78 audzēs (63% no apsekotajām audzēm) un 39 audzēs (32% no visām apsekotajām audzēm) ir konstatēta *Heterobasidion* infekcija (1.1.2. attēls).

Pētījumos Lietuvā 21-30 gadus vecās priežu audzēs *Heterobasidion* infekcija konstatēta 35,5% analizēto nogabalu jeb 53% no apsekotās platības (Василяускас, 1989). Tomēr jāatzīmē, ka minētie pētījumi Lietuvā veikti stādījumos bijušajās lauksaimniecības zemēs, kas veicina sakņu trapes izplatību (Woodward et al., 1998).



1.1.2. att. 2021., 2022., 2023. un 2024. gadā apsektās *P. sylvestris* vidēja vecuma audzes. Pelēks aplis – audzē kaltuši koki nav konstatēti; melns aplis – audzē konstatēti kaltuši, simptomātiski koki, paņemti koksnes paraugi; sarkans trīsstūris – konstatēti simptomātiski koki, izdalīts *H. annosum*.

1.1.3. Secinājumi

Apsekojot 123 vidēja vecuma priežu audzes visā Latvijas teritorijā, sakņu trapi izraisošās sēnes - priežu sakņu piepes *Heterobasidion annosum* infekcija ir konstatēta 32% apsekoto audžu.

1.2. Sakņu piepes attīstības dinamika priežu jaunaudzēs

Skandināvijas valstīs un Latvijā ir veikti apjomīgi pētījumi par sakņu piepes populāciju struktūru un sekundāro izplatību egļu audzēs (Stenlid, 1985; Piri et al., 1990; Piri, 1996; Piri, Korhonen, 2001; 2007; Piri, Valkonen, 2013; Gaitnieks et al., 2022), savukārt par sakņu piepes genotipu izplatību *P. sylvestris* audzēs mums zināms tikai viens pētījums Somijā (Piri et al., 2021).

1.2.1. Metodes

2024. gada augustā 503. kvartālapgabala 492. kvartāla 1. nogabala 1. apakšnogabalā un 2. nogabalā (11 gadus vecas priežu jaunaudzes) veikta kaltsu koku uzskaitē un kartēšana, izmantojot GPS ierīci. Kaltsajiem kokiem pie sakņu kakla pārbaudīta *Heterobasidion* augļķermeņu klātbūtne.

Ievākti koksnes paraugi no kaltsiem kokiem un iepriekšējās mežaudzes celmiem *Heterobasidion* tīrkultūras izdalīšanai. Kaltsie koki nozāģēti trīs centimetrus virs sakņu kakla un ievākti koksnes paraugi. Līdzīgi koksnes paraugi ievākti arī no celmiem. Paraugus ievietoja aukstumkastē un nogādāja LVMI Silava.

Katrā apsekotajā nogabalā kokaudzes raksturošanai ierīkoti divi 250 m² lieli parauglaukumi, kuros uzskaitīti visi dzīvie un kaltsie koki ar augstumu virs 1,3 m un iepriekšējās paaudzes celmi.

Ievāktās *P. sylvestris* ripas laboratorijā nomizoja un nomazgāja zem tekoša krāna ūdens, no ripām notecināja lieko ūdeni un piecas minūtes atstāja vertikālā stāvoklī. Pēc tam tās ievietoja polietilēna maisos, atstājot maisu galus vaļā, lai tiktu nodrošināta gaisa cirkulācija. Maisus ar ripām (novietojot ripas vertikāli kastēs) inkubēja 5 – 7 dienas istabas temperatūrā.

Pēc 5 – 7 dienu inkubācijas perioda, ripas izņēma no maisiem un uz katras ripas piestiprināja plastmasas režģi ar rūtiņu izmēru 0,7 cm x 0,7 cm. Izmantojot *Leica* stereomikroskopu, noteikta sakņu piepes klātbūtne koksnē: ja režģa rūtiņā atrada atsevišķus *Heterobasidion* konīdijnesējus vai to grupas, tie tika atzīmēti uz ripas virsmas ar ūdensizturīgas krāsas flomāsteru. Koksnes skaidas, kas iegūtas no celmiem, inkubēja 5-17 dienas, ik pēc divām dienām analizējot zem stereomikroskopa. Gan ripās, gan uz koksnes skaidām konstatētos *Heterobasidion* konīdijnesējus ar smalku, liesmā sterilizētu pinceti pārnēsa uz Petri traukos un uzsēja uz iesala-agara barotnes. No katras ripas konīdijnesējus uzsēja sešos atkārtojumos (divās platēs pa trīs atkārtojumiem uz katras). Pēc trīs un septiņām dienām Petri traukus mikroskopēja, lai izdalītu *Heterobasidion* tīrkultūras.

Lai noskaidrotu, vai no koksnes ripām un celmos izcirstajām skaidām iegūtie izolāti pieder vienam genotipam, *Heterobasidion* izolāta tīrkultūras gabaliņu ar liesmā sterilizētu skalpeli izgriezā no barotnes un pārnēsa Petri traukā uz iesala-agara barotnes. Pēc tam šajā pašā Petri traukā pārnēsa agara gabaliņu ar citu *Heterobasidion* izolātu un novietoja 1,5- 2 cm attālumā no uzliktās kultūras. Kultūras piederību konkrētam genotipam noteica piecu nedēļu laikā, novērojot demarkācijas jeb konfrontācijas līniju starp kultūrām (Stenlid, 1985).

Vecumnieku iecirknī (508. kvartālapgabals) 2023. gadā, atkārtoti apsekojot priežu jaunaudzi 292. kvartāla 7. nogabalā, kurā 2021. gadā izmantojot tālmēru un bosoli kartēti koki *Heterobasidion* infekciju centros, atzīmēti kaltsie koki un kartēti papildu kaltsie koki, ja *Heterobasidion* spp. infekcijas centra robežas bija palielinājušās. Kaltsie koki nozāģēti trīs centimetrus virs sakņu kakla, pēc tam ievākti koksnes paraugi un nogādāti laboratorijā tālākai apstrādei pēc augstāk aprakstītās metodikas. Pēc *Heterobasidion* genotipu izdalīšanas iespējama to kartēšana un genotipu robežu noteikšana stādījumu shēmā.

1.2.2. Rezultāti

2024. gada augustā 503. kvartālapgabala 492. kvartāla 1. nogabala 1. apakšnogabalā, veicot kaltsu koku uzskaiti un kartēšanu, 1,9 ha platībā konstatētas 126 kaltsu koku grupas, ko veidoja viens līdz 16 koki (kopumā 315 kaltsu koki), savukārt 492. kvartāla 2. nogabalā 0,96 ha platībā – 64 grupas, ko veidoja viens līdz 27 koki (kopumā 233 kaltsu koki) (2. un 3. pielikums). Kokiem pie sakņu kakla pārbaudīta *Heterobasidion* augļķermeņu klātbūtne (1.2.1. attēls). *Heterobasidion* infekcija 492. kvartāla 1. nogabala 1. apakšnogabalā konstatēta 62 kaltsu koku grupām ar 185 kokiem, savukārt 492. kvartāla 2. nogabalā - 31 kaltsu koku grupai ar 170 kokiem.



1.2.1. att. *Heterobasidion* augļķermeņi pie kaltsu priežu sakņu kakla (A, B) un saknēm (C).

No astoņām kaltsām priedēm un 37 iepriekšējās paaudzes celmiem ievākti koksnes paraugi *Heterobasidion* pārbaudei un tīrkultūru izdalīšanai laboratorijā. *Heterobasidion* infekcija konstatēta piecām kaltsajām priedēm un no visām iegūtas *Heterobasidion annosum* tīrkultūras, tās savstarpēji krustojot, secināts, ka tās atbilst četriem atšķirīgiem genotipiem.

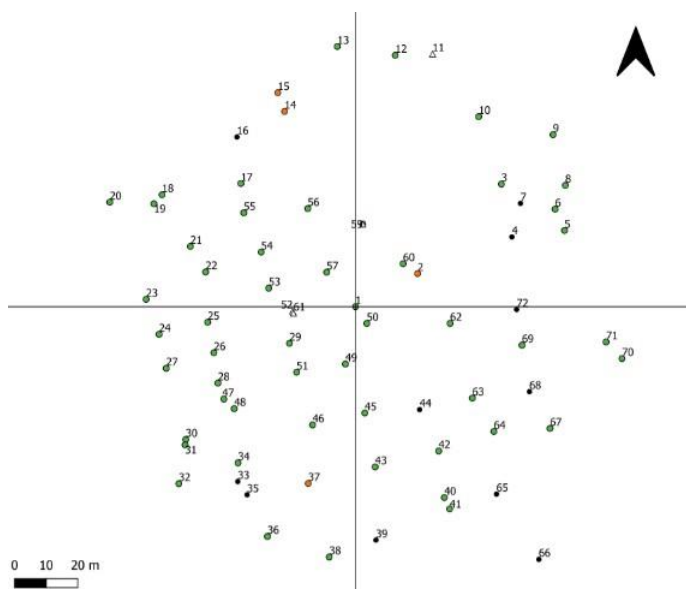
Abos parauglaukumos uzskaitītas attiecīgi 4040 un 3300 augošas priedes uz hektāru. Savukārt, kaltošo priežu skaits ir attiecīgi 120 un 100 uz hektāru; parauglaukumos atzīmēti arī 400 un 580 iepriekšējās paaudzes celmu (rēķinot uz hektāru).

Priežu jaunaudzis apsekošana Vecumnieku iecirknī (508-292-7) uzsākta 2014. gadā. Audzi atkārtoti apsekojot 2021. gada pavasarī un rudenī kopā ievākti 58 koksnes paraugi – sakņu piepe izdalīta no 24 paraugiem (2014. gadā atzīmēti 60 kaltoši koki, 2017. gadā - 73) (1.2.1. tabula).

1.2.1. tabula. Ilgtermiņa parauglaukuma Vecumnieku iecirknī raksturojums un kopējais kaltošo un inficēto koku skaits.

Audzes identifikācija nr.	Apsekošanas gads	Vecums, gadi	Platība, ha	Kaltošo koku skaits	<i>Heterobasidion</i> inficēto koku skaits	Iegūtās tīrkultūras
508-292-7	2014	12	0,8	60	49	48 (saglabātas kolekcijā 48)
508-292-7	2017	15	0,8	73		
508-292-7	2021	19	0,8	58	24	43 (saglabātas kolekcijā 21)
508-292-7	2023	21	0,8	66	46	

Visi infekcijas centri 2021. gadā tika kartēti un sagatavotas atsevišķu infekcijas centru kartes un kopējā audzes infekcijas centru shēma, izmantojot programmu QGIS (1.2.2. attēls). Kopējais inficēto koku skaits – 73. Pavisam iegūtas un saglabātas 48 sakņu piepes tīrkultūras.



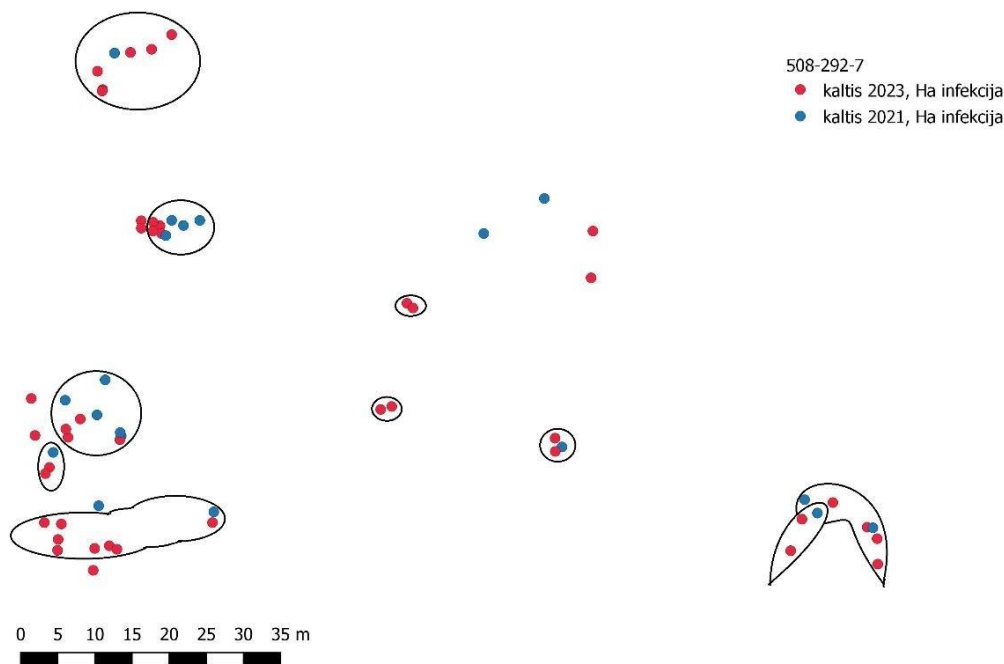
1.2.2. att. Infekcijas centra shematiskais attēlojums Vecumnieku iecirknī.

Sarkani apli – 2021. gadā inficēti koki, melni - kaltoši, zaļi – augoši koki.

2021. gadā iegūtie *H. annosum* izolāti sakrustoti savā starpā ar 2014. un 2017. gadā ievāktajiem paraugiem, lai noteiktu genotipu attīstību. Desmit 2021. gadā iegūtie izolāti iekļāvās kādā no 2014. gadā konstatētajiem sakņu piepes genotipiem, bet 14 izolāti piederēja pieciem līdz šim nekonstatētiem genotipiem, kas norāda, ka infekcija saglabājusies iepriekšējās paaudzes celmos gandrīz 20 gadus un vēl joprojām turpina izplatīties. Kā liecina iepriekš

veiktie pētījumi Klinškalnu priedes audzēs (Zaļuma et al., 2019) sakņu piepe var saglabāties pat 30 gadus vecos parastās priedes celmos. Kopējais genotipu skaits - 29.

Audzē Vecumnieku iecirknī 2023. gadā konstatēti 66 kaltsi koki deviņās (no 11) 2021. gadā atzīmētajām un kartētajām trupes ligzdām – infekcijas centriem. No tiem paņemti koksnes paraugi, un laboratorijā iegūts *Heterobasidion* micēlijs - *Heterobasidion* infekcija konstatēta 46 kaltsajiem kokiem. Iegūtas 43 sakņu piepes tīrkultūras un salīdzinātas ar iepriekš audzē izdalītajām *Heterobasidion* kultūrām kā arī savā starpā. Kopā 2023. gadā audzē iegūtie izolāti pieder 21 atšķirīgam genotipam, 28 izolāti piederēja kādam no iepriekš (2021. gadā) izdalītajiem genotipiem (astoņi atšķirīgi genotipi), 11 izolāti neiekļāvās nevienā no iepriekš izdalītajiem genotipiem un nesakrita arī savā starpā, četri izolāti uzrādīja saderību savā starpā (divi genotipi) bet nesakrita ar iepriekš izdalītajiem genotipiem (1.2.3. attēls). Salīdzinot genotipu izplatību, secināts, ka atsevišķa genotipa robežas no 2014. gada var palielināties vairāk kā par 10 metriem, 2023. gadā no jauna inficējot astoņus kokus. Inficēto koku skaits, iespējams, ir pat lielāks, jo Zviedrijā veiktie pētījumi liecina, ka priežu saknes var būt inficētas bez ārējām pazīmēm, tajā skaita auglķermeniem (Wang et al., 2014). Literatūrā minēts, ka stādītās priežu audzēs *Heterobasidion* spp. infekcijas centros vienā genotipā var būt vairāk kā 40 koki un celmi (Piri et al., 2021), bet *Heterobasidion* spp. micēlija izplatības ātrums priežu saknēs var sasniegt vienu metru gadā (Korhonen, Holdenrieder, 2005).



1.2.3. att. Vecumnieku novadā priežu audzē 503-292-7 infekcijas centros 2021. un 2023. gadā konstatētie lielākie *Heterobasidion* genotipi – viena genotipa skartie koki apvilkti ar melnu līniju.

1.2.3. Secinājumi

Heterobasidion spp. izplatībā priežu jaunaudzēs būtiska loma ir micēlija pārnesei sakņu kontaktu ceļā - 90% no pirms diviem gadiem izdalītajiem patogēna genotipiem turpina palielināt aizņemto platību, inficējot blakus augošos kokus.

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

Koksni noārdošās sēnes var radīt nozīmīgus mežsaimnieciskos zaudējumus, inficējot augošus kokus (Gaitnieks et al., 2019). Latvijā egļu audzēs trupējušu koku īpatsvars ir aptuveni 22%, kas rada ievērojamus mežsaimnieciskos un ekonomiskos zaudējumus, galvenajā cirtē sastādot aptuveni 1000 eur/ha (Gaitnieks et al., 2008; Arhipova et al., 2011). Viens no baltās trupes izraisītājiem kokaugu, tai skaitā egļu, saknēs ir celmeņu *Armillaria* (Fries) Staude ģints sēnes (Korhonen, Piri, 2003; Sahu et al., 2021) (1.3.1. attēls).



A



B

1.3.1.att. *Armillaria* spp. augļķermeņi (A) un micēlijs uz egles koksnes (B).

Lielākā daļa *Armillaria* spp. sugu funkcionē kā sekundārie patogēni, inficējot novājinātus kokus, bet optimālos apstākļos celmene var būt agresīvs patogēns (Redfern, Filip, 1991; Baumgartner et al., 2011; Heinzelmann et al., 2019). *Armillaria* ģints sēnēm ir raksturīga sekundārā izplatīšanās augsnē ar melanizētiem micēlija pinumiem jeb rizomorfām (Sipos et al., 2018) (1.3.2. attēls).



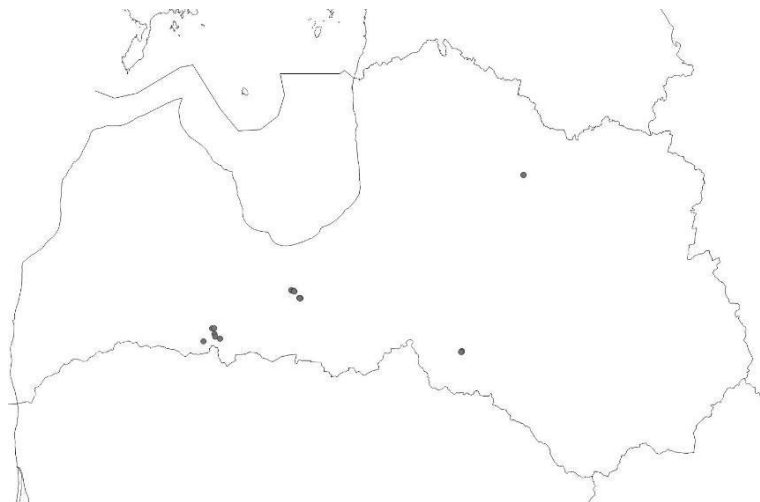
1.3.2. att. *Armillaria* spp. rizomorfās.

Lai izstrādātu rekomendācijas trupi izraisošo sēņu izplatības ierobežošanai egļu audzēs kūdreņos, svarīgi novērtēt rizomorfu attīstības potenciālu un *Armillaria* sugu sastāvu.

2024. gada pavasarī Katrīna Smeltere aizstāvējusi maģistra darbu Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātē “Celmeņu *Armillaria* (Fries) Staude spp. rizomorfu attīstība parasto egļu *Picea abies* (L.) Karst. mežos kūdreņos” (5. pielikums). Prezentēts stenda ziņojums Pasaules IUFRO kongresā, Stokholmā (23.-29. jūnijs), Zviedrijā: “OCCURENCE OF ARMILLARIA RHIZOMORPHS IN PEAT SOILS” (5. pielikums).

1.3.1. Lauka darbu metodika

Lai novērtētu *Armillaria* sugu sastopamību egļu audzēs ar minerālaugsnēm, atlasītas 20 egļu audzes Meža pētīšanas stacijas (MPS) teritorijā (1.3.3. attēls), ievācot rizomorfu paraugus no egļu celmiem. Apsekoto audžu saraksts pievienots 4. pielikumā.



1.3.3. att. Egļu audzes celmenes sugu sastopamības novērtējumam.

Rizomorfu paraugi ievākti arī septiņos parauglaukumos, kas iepriekšējos gados ierīkoti MPS Kalsnavas mežu novadā (1. – 5.), Vidusdaugavas reģiona Ogres meža iecirkņa teritorijā (6.) un MPS Mežoles mežu novadā (7.) (1.3.1. tabula). Rizomorfas ievāktas, lai novērtētu rizomorfu sastopamību augsnē 0-10 cm dziļumā, 10-20 cm dziļumā un 20-30 cm dziļumā. Katrā parauglaukumā tika ievākti līdz 10 paraugi metra attālumā viens no otra, 0,5 m attālumā no 2022. gada jūlijā katrā parauglaukumā izveidotā 14 m garā transekta metra atzīmēm. Paraugi ievākti ar speciāli izgatavotu augsnes cilindru ($d = 10\text{ cm}$, $H = 30\text{ cm}$). Detalizētāks parauglaukumu raksturojums un lauka darbu metodika apskatāma 3. etapa pārskata ziņojumā.

1.3.1. tabula. Pētījuma audžu raksturojums.

Pl.*	Audzē sastāvs	Meža tips	Audzē vecums 2024. gadā	Audzē platība, ha	Kūdras slāņa biezums, cm	Organisko vielu saturs %	Augsnes pH	Grunts-ūdens līmenis, m	<i>Heterobasidion</i> spp. īpatsvars audzē, %
1.	E10	Ks	59	0,7	>70	96,9	3,0	0,96	8*
2.	8E2B	Kp	57	0,5	>70	92	4,2	0,87	11
3.	9E1B	Ks	53	3,9	27...>70	81,6	4,6	1,11	69
4.	10E	Kp	58	1,6	>70	95,4	5,3	0,88	45
5.	10E	Ks	42	1,2	39	77,1	4,9	0,63	19
6.	9E1B	Kp	52	2,0	24	53,6	5,7	1,47	44
7.	10E	Kp	55	0,6	47	96,4	6,0	0,86	24

*- *Heterobasidion* spp. īpatsvars noteikts pamatojoties uz pierādīto infekciju atsevišķos kokos – domājams, ka reālais infekcijas īpatsvars ir daudz lielāks, jo daudzi kaltošie koki un celmi bija ļoti stipri sadalījušies, kas apgrūtināja *Heterobasidion* spp. micēlija izdalīšanu.

Šī etapa ietvaros veikta arī *Heterobasidion* spp. genotipu kartēšana audzē, kurā analizēta *Armillaria* spp. sastopamība. Vienvecuma egļu audzē MPS Kalsnavas mežu novada 104. kvartāla 7. nogabalā (ilgtermiņa parauglaukums Nr.1), ierīkoti divi 500 m² lieli apļveida parauglaukumi, kuros, izmantojot tālummēru un busoli, kartēti visi (D>10 cm) dzīvie koki, kaltošie koki un celmi, noteikts to diametrs. No visiem dzīvajiem un kaltošajiem kokiem, kā arī celmiem ievākti koksnes paraugi *Heterobasidion* micēlija noteikšanai. Pavisam ievākti 132 koksnes paraugi (1.3.2. tabula).

1.3.2. tabula. Analizēto audžu raksturojums.

Parauglaukums (platība m ²)	Parauglaukuma centra koordinātas	Augoši koki D>10cm	Kaltoši koki D>10cm	Celmi
1 (500)	56.70269; 25.86506	28	23	21
2 (500)	56.70247; 25,86487	14	22	24

1.3.2. Laboratorijas darbu metodika

No celmiem ievāktie **rizomorfu paraugi** tajā pašā vai nākamajā dienā pēc to ievākšanas nogādāti LVMI Silava Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijā. Laboratorijā rizomorfu paraugi sagatavoti molekulārajām analizēm, tos pēc iespējas attīrot no zemes un netīrumiem, sagriežot mazos 0,5 mm garos gabaliņos un liekot 2 ml mēģenēs. Mēģeni marķē pēc audzes un ievāktā celma numura. Molekulārajām analizēm paraugi nodoti LVMI Silava Ģenētisko resursu centram, kur tie pārbaudīti ar *Armillaria* sugu specifiskajiem praimeriem. Savukārt no egļu audzēm ievāktā **augšņu paraugu** un *Armillaria* spp. rizomorfu apstrādes un datu ieguves metodika detalizēti aprakstīta 3. etapa ziņojumā. Rizomorfās pirms un pēc to apstrādes sadalītas pēc to dziļuma kūdras augsnē (0-10 cm, 10-20 cm un 20-30 cm dziļumā) un iegūti dati par to garumu un tilpumu.

Ievāktie **koksnes paraugi** *Heterobasidion* spp. genotipu kartēšanai pēc nogādāšanas LVMI Silava tika sagatavoti sēņu micēlija izolēšanai uz Hagem agara barotnēm. Paraugi tika sterilizēti liesmā, likti uz barotnes un inkubēti istabas temperatūrā vienu līdz divas nedēļas, katru dienu novērtējot micēlija attīstību no koksnes gabaliņa un izolējot *Heterobasidion* spp. tīrkultūrā. Pēc tīrkultūru iegūšanas izolātiem veikti somatiskās saderības testi, lai noskaidrotu vai tie pieder vienam genotipam. Somaticās saderības testus veic, tīrkultūras pārstādot duālajās kultūrās un novērtējot vai starp izolātiem veidosies demarkācijas zona (tukša zona starp izolātiem, kas liecina, ka tie nepieder vienam genotipam) vai tie saaug kopā (Stenlid, 1985).

1.3.3. Rezultāti

Infekcijas potenciāls augsnē no rizomorfām un akumulētā micēlija.

Sākotnēji augsnē rizomorfu daudzums tika novērtēts sešos parauglaukumos (3. etapa pārskats par 2023. gada uzdevumiem). Novērtējot rizomorfu daudzuma palielināšanos augšņu-skaidu paraugos, konstatēts, ka parauglaukumos vienā paraugā atrasto rizomorfu vidējais garums gada laikā ir palielinājies 6-36 reizes (vidēji 15 reizes). Pēc gada inkubācijas

augsnē analizētajos skaidu paraugos kopējais rizomorfu garums visvairāk ir palielinājies 5. parauglaukumā, bet vismazāk 7. parauglaukumā.

2024. gadā no paraugiem atkārtoti iegūstot mērījumus uzglabātajiem rizomorfu paraugiem tika noteikts, ka sagrieztās un izteikti zarotās rizomorfas ar lielāko diametru veido vidēji 223,8 cm jeb 38,1% no skaidu substrātā izaugušajām rizomorfām, savukārt 364,2 cm jeb 61,9% rizomorfu vidēji vienā paraugā inkubācijas periodā skaidu substrātā veidojušās no jauna, augot no augsnē akumulētā *Armillaria* micēlija. Aprēķini veikti, izmantojot to paraugu datus, kuros sastopamas abu veidu rizomorfas un saglabājot paraugu dalījumu daļās pa substrāta dziļumiem. Visos parauglaukumos bija arī viens līdz četri paraugi, kuros visas rizomorfas tika klasificētas kā jaunās, attīstījušās no micēlija. Sešos no septiņiem parauglaukumiem lielākā daļa skaidu substrātā augušo rizomorfu ir augušas no jauna. Pirmajā parauglaukumā no jauna augušo un no iepriekš sagrieztajām rizomorfām reģenerēto rizomorfu attiecība ir gandrīz vienāda (1.3.3. tabula).

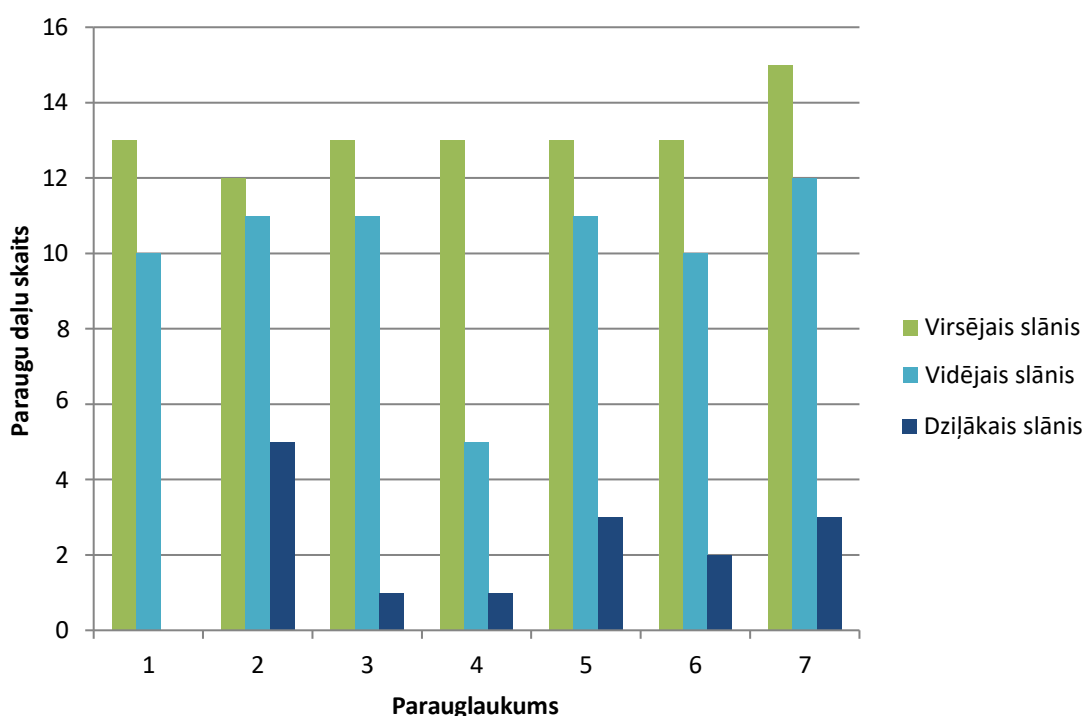
1.3.3. tabula. Rizomorfu vidējais kopējais garums paraugā (cm), dalīts pēc rizomorfu augšanas no augsnē akumulētā micēlija (jaunās rizomorfas) vai sagrieztajām vecākām rizomorfām (reģenerētās rizomorfas).

Parauglaukums	Rizomorfu vidējais kopējais garums paraugā, cm		
	Kopā	Jaunās rizomorfas	Reģenerētās rizomorfas
1.	406,32	204,21	202,10
2.	504,97	318,50	186,46
3.	1142,14	740,31	401,83
4.	505,94	282,25	223,70
5.	900,72	579,37	321,35
6.	271,24	175,61	95,62
7.	384,82	249,12	135,69

Pēc augsnes paraugu ievākšanas izveidoto bedrīšu malās palika daudz bojātas rizomorfas. Tās griezuma vietās izteikti reģenerējas un veido daudz jaunus atzarus. Tievās, īsās rizomorfas ir jaunākas, veidojušās inkubācijas periodā, no skaidas inficējušā *Armillaria* spp. micēlija. Somijā veiktā pētījumā secināts, ka rizomorfu atjaunošanās notiek ar lielu skaitu jauno rizomorfu no griezuma vietas (Hintikka, 1974). Jaunizveidojušos rizomorfu attīstību nodrošināja augsnē esošais *Armillaria* spp. micēlijs, kas veicina rizomorfu veidošanos optimālos apstākļos ar pieejamu koksnes substrātu. Tādējādi šīs no jauna izveidojušās rizomorfas raksturo arī *Armillaria* spp. infekcijas potenciālu. Rizomorfu paraugu izdales procesā no skaidu substrāta bija novērojams, ka jaunās rizomorfas ir trauslas un no griezuma vietām augošie fragmenti bieži viegli atdalījās no vecākā rizomorfas posma, mēģinot tos atdalīt no skaidu gabaliņiem. Tāpēc nav iespējams precīzi nodalīt, kuri rizomorfu fragmenti pieder vecajām un reģenerētajām rizomorfām un kuri – inkubācijas periodā no jauna izveidotajām. Šī iemesla dēļ novērtēt precīzu rizomorfu atjaunošanās (reģenerācijas) un infekcijas izplatīšanās potenciāla attiecību nav iespējams ar līdzšinējām metodēm, bet ir iespējams gūt ieskatu un noteikt aptuvenu proporciju, rēķinot vidējo attiecību, izmantojot lielāku paraugu skaitu. Analizējot visu rizomorfu paraugus, var secināt, ka gandrīz visos parauglaukumos, izņemot pirmo, smalko, jauno rizomorfu fragmentu kopējais garums paraugā dominē pār tām, kas reģenerējušās no vecajām, sagrieztajām rizomorfām.

Rizomorfu sastopamība dažādos dziļumos kūdras substrātā un minerālaugsnē.

Skaidu paraugu ievākšanas laikā tika noskaidrota rizomorfu sastopamība dažādos skaidu slāņa dziļumos. Sadalot 105 skaidu paraugus pa dziļuma līmeņiem atkarībā no skaidu slāņa dabiskā sablīvējuma, tika iegūtas 238 paraugu daļas. No tām 177 jeb 74,4% saturēja rizomorfas. Lielākais parauga daļu skaits ar rizomorfām virsējā un vidējā augsnes slānī ir septītajā parauglaukumā, dziļākajā augsnes slānī – otrajā parauglaukumā. Savukārt mazākais parauga daļu skaits ar rizomorfām virsējā augsnes slānī ir otrajā parauglaukumā, vidējā slānī tas ir ceturtajā parauglaukumā, bet dziļākajā slānī – trešajā un ceturtajā parauglaukumā. Pirmajā parauglaukumā dziļākajā augsnes slānī nevienā parauga daļā netika atrastas rizomorfas (1.3.4. attēls).



1.3.4. att. Skaidu paraugu daļu ar rizomorfām skaita sadalījums virsējā (0-10 cm), vidējā (10-20 cm) un dziļākajā (20-30 cm) skaidu slānī katrā parauglaukumā.

Morfoloģisko parametru vidējā parauga daļas vērtība vislielākā ir trešā parauglaukuma virsējā skaidu slānī, kur vidēji kopējais rizomorfu garums paraugā ir 1392,4 cm un vidējais tilpums rizomorfu parauga daļā ir 2,75 cm³. Mazākā morfoloģisko parametru vidējā parauga daļas vērtība ir sestajā parauglaukumā dziļākajā skaidu slānī, kur vidēji kopējais rizomorfu garums parauga daļā ir 31,6 cm un vidējais tilpums rizomorfu parauga daļā ir 0,04 cm³ (1.3.4. tabula). Divos parauglaukumos – trešajā un ceturtajā – dziļākajā slānī rizomorfas atrastas tikai vienā paraugā.

1.3.4. tabula. Vidējie rizomorfu morfoloģiskie parametri virsējā (0-10 cm), vidējā (10-20 cm) un dziļākajā (20-30 cm) skaidu slānī katrā parauglaukumā

Parauglaukums	Skaidu slānis	Rizomorfu vidējais kopējais garums paraugā (cm)	Rizomorfu vidējais tilpums paraugā (cm ³)
1.	Virsējais	599,42 ± 117,82	1,06 ± 0,24
	Vidējais	75,45 ± 29,38	0,09 ± 0,04
2.	Virsējais	717,48 ± 118,14	1,04 ± 0,17
	Vidējais	278,28 ± 108,91	0,37 ± 0,15
	Dziļākais	96,36 ± 57,52	0,14 ± 0,09
3.	Virsējais	1392,34 ± 259,88	2,75 ± 0,49
	Vidējais	868,29 ± 226,80	1,84 ± 0,48
	Dziļākais	861,56	1,52
4.	Virsējais	492,23 ± 115,43	0,79 ± 0,17
	Vidējais	216,89 ± 176,34	0,43 ± 0,38
	Dziļākais	243,61	0,48
5.	Virsējais	1276,61 ± 164,01	2,03 ± 0,28
	Vidējais	554,41 ± 177,69	0,87 ± 0,28
	Dziļākais	254,56 ± 149,75	0,38 ± 0,24
6.	Virsējais	414,37 ± 115,67	0,67 ± 0,19
	Vidējais	79,69 ± 35,49	0,11 ± 0,06
	Dziļākais	31,66 ± 25,66	0,04 ± 0,03
7.	Virsējais	630,52 ± 149,73	1,02 ± 0,25
	Vidējais	101,76 ± 35,85	0,16 ± 0,06
	Dziļākais	43,15 ± 23,49	0,07 ± 0,04

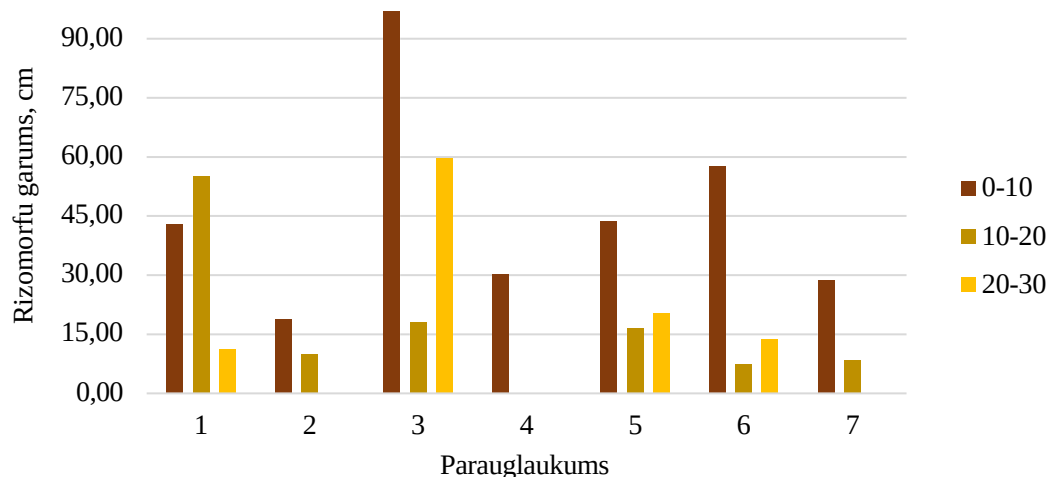
Savukārt, analizējot iegūtos rizomorfu paraugus no augsnes, konstatēts, ka rizomorfas visos dziļumos ir sastopamas 1., 3., 5. un 6. parauglaukumā. Savukārt līdz 20 cm dziļumam rizomorfas sastopamas 2. un 7. parauglaukumā, bet 4. parauglaukumā rizomorfas atrastas tikai pirmajā (0-10 cm) slānī (1.3.5. tabula).

1.3.5. tabula. Vidējie rizomorfu morfoloģiskie parametri virsējā (0-10 cm), vidējā (10-20 cm) un dziļākajā (20-30 cm) augsnes slānī katrā parauglaukumā.

Parauglaukums	Augsnes slānis	Rizomorfu vidējais kopējais garums paraugā (cm)	Rizomorfu vidējais tilpums paraugā (cm ³)
1.	Virsējais	42,90 ± 21,67	0,16 ± 0,06
	Vidējais	55,19 ± 62,04	0,12 ± 0,09
	Dziļākais	11,26 ± 1,45	0,08 ± 0,02
2.	Virsējais	18,86 ± 13,79	0,03 ± 0,02
	Vidējais	9,91 ± 0,00	0,04 ± 0,00
	Dziļākais	0,00	0,00
3.	Virsējais	97,08 ± 75,22	0,16 ± 0,09
	Vidējais	18,13 ± 8,30	0,05 ± 0,04
	Dziļākais	59,78 ± 38,71	0,15 ± 0,10
4.	Virsējais	30,14 ± 18,53	0,05 ± 0,03
	Vidējais	0,00	0,00
	Dziļākais	0,00	0,00

5.	Viršējais	43,74 ± 36,10	0,15 ± 0,14
	Vidējais	16,42 ± 0,00	0,05 ± 0,00
	Dziļākais	20,37 ± 3,14	0,09 ± 0,00
6.	Viršējais	57,77 ± 63,31	0,17 ± 0,19
	Vidējais	7,38 ± 1,69	0,02 ± 0,01
	Dziļākais	13,73 ± 5,07	0,06 ± 0,03
7.	Viršējais	28,88 ± 17,04	0,07 ± 0,07
	Vidējais	8,57 ± 0,00	0,03 ± 0,00
	Dziļākais	0,00	0,00

Lielākās vērtības rizomorfu garumam visos parauglaukumos bija 0-10 cm dziļumā, kur augstākās garuma vērtības uzrādītas 3. un 6. parauglaukumā, kuros, attiecīgi arī kūdrā sastopamo rizomorfu tilpums bija lielākais. Novērots, ka vidējā (10-20 cm) slāni vērtības bija mazākas, nekā viršējā (0-10 cm) un apakšējā (20-30 cm) analizētajā kūdras slānī (1.3.5. attēls)



1.3.5. att. Rizomorfu garumi ievāktajos parauglaukumos (1-7) attiecīgajos dziļumos (0-10: 10-20: 20-30 cm).

Rizomorfu attīstību ietekmējošie faktori

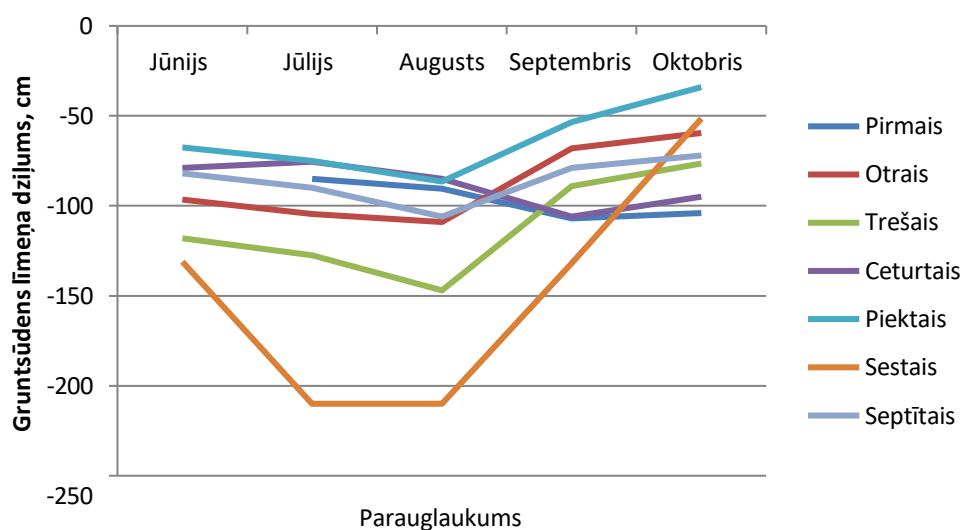
Rezultāti par kūdras botāniskā sastāva analīzi parauglaukumos liecina, ka visos parauglaukumos kūdras veidojošās augu atliekas raksturīgas zemā purva tipam, pārsvarā zāļu-koku kūdras veidam. Lai arī kūdras botāniskais sastāvs atšķiras gan starp parauglaukumiem, gan trim vietām transektā, kur ievākti paraugi botāniskā sastāva noteikšanai, lielāko kūdras daļu, no 41,7% līdz 78,3%, veido *Pinus* spp. un lapu koku atliekas (1.3.6. tabula). Kūdras sadalīšanās pakāpe visos parauglaukumos ir neliela, pārsvarā mazāka par 20%.

1.3.6. tabula. Kūdras raksturojošie parametri analizētajos paraugos.

Parauglaukums	Vidējais organisko vielu daudzums, %	Vidējais pelnu saturs, %	Vidējais mitrums, %	pH	Koku kūdra, %
1.	96,93	3,07	32,97	3,00	73,3%
2.	92,20	7,80	27,19	4,20	65%
3.	81,60	18,50	29,17	4,60	78,3%
4.	95,37	4,63	34,67	5,30	48,3%
5.	77,07	22,93	23,93	4,90	76,6%
6.	53,60	46,40	25,25	5,70	50%
7.	96,37	3,63	56,83	6,00	41,7%

Kūdras mikrobioloģiskā sastāva analīze liecina, ka visos parauglaukumos, gan augsnes virskārtā, gan 10-20 cm dziļumā sastopams liels daudzums baktēriju, tajā skaitā aktinobaktērijas un mikroskopiskās sēnes. Abos augsnes slāņos visos parauglaukumos no mikroskopiskajām sēnēm dominē *Mucor* spp. un *Penicillium* spp. *Trichoderma* spp. noteikta 2., 3., 4., 5. un 6. parauglaukuma virsējā augsnes slānī līdz 10 cm dziļumam, bet augsnes slānī 10-20 cm dziļumā *Trichoderma* sastopama tikai piektajā parauglaukumā.

1., 4. un 7. parauglaukumā gruntsūdens līmenis visā mērījumu veikšanas periodā bija salīdzinoši augsts un tikpat kā nemainīgs. Visstraujākās gruntsūdens līmeņa izmaiņas novērotas 6. parauglaukumā, kur divus mēnešus – jūlijā un augustā – tas bija zemāks par ierīkotās akas dziļumu, savukārt oktobrī – otrais augstākais starp visiem mērījumiem. Visaugstākais gruntsūdens līmenis novērots 5. parauglaukumā oktobrī (1.3.6. attēls).



1.3.6. att. Gruntsūdens līmeņa dziļums parauglaukumos.

No kūdras sastāva faktoriem vienīgais, kuram ir statistiski būtiska ietekme uz rizomorfu sastopamību un morfoloģisko parametru izmaiņām starp parauglaukumiem, ir *Pinus* spp. un lapu koku daudzums. Kā jau iepriekš aprakstīts, tas sniedz organiskās vielas, kas ir svarīgas rizomorfu augšanas nodrošināšanā (Redfern, 1973; Morrison, 1982). Galvenais trupi izraisīto sēņu izplatību ietekmējošais faktors ir koksnes substrāta pieejamība. Rizomorfas augsnē vairāk ir sastopamas trupējušu koku un koksnes atlieku tuvumā (Twery et al., 1990). Otrajā līdz septītajā parauglaukumā no iepriekšējiem pētījumiem ir zināms koku un celmu skaits parauglaukumā un *Heterobasidion* spp. infekcijas īpatsvars infekcijas centros (LVMI Silava Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijas ilgtermiņa parauglaukumu apraksti;

Gaitnieks et al., 2022). Starp šiem sešiem parauglaukumiem vidēji ir 14,6 koku un celmu uz 100 m² platību. Koku un celmu skaits otrajā līdz septītajā parauglaukumā svārstās no 8,8 līdz 20,0 uz 100 m² un *Heterobasidion* spp. infekcijas īpatsvars infekcijas centros svārstās no 11% līdz 69% (vidēji 35,33%) (Gaitnieks et al., 2022) (17. tabula). Parauglaukumā esošo koku un celmu skaitam, un *Heterobasidion* spp. infekcijas īpastvaram ir statistiski būtiska ietekme uz parauglaukumā noteikto rizomorfu tilpumu (p vērtības attiecīgi ir 7,46e-07 un 0,0002).

Viens no galvenajiem rizomorfu augšanu limitējošajiem faktoriem ir nepietiekams mitrums augsnē (Hintikka, 1974). Katrā parauglaukumā starp trim ievāktajiem kūdras substrāta paraugiem mitruma līmenis bija ļoti mainīgs – no 12,3% līdz 67,7%. Vidēji starp parauglaukumiem tas svārstījās robežās no 23,9% līdz 56,8%. Lielākais mitruma līmenis ir paraugos ar mazāku pelnu saturu. Papildus *Armillaria* spp. piemērota noārdāma substrāta nodrošināšanai, skaidu substrāta iepildīšana augsnes bedrītēs palīdzēja novērst bedrīšu malās esošo un substrātā iesaistošo rizomorfu, kā arī micēlija, izzūšanu. Zemākais gruntsūdens līmenis no jūnija līdz septembrim bija 6. parauglaukumā un trīs vasaras mēnešos – 3. parauglaukumā. 6. parauglaukumā novēroti vidēji vismazākie rizomorfu morfoloģiskie parametri, kas varētu būt saistīts ar zemo gruntsūdens līmeni, sevišķi jūlijā un augustā un zemo kūdras mitruma saturu jūlijā.

Armillaria sugu sastopamība kūdras augsnē

Sugu noteikšanas analīzes ierīkotajos septiņos parauglaukumos bija veiksmīgas 63 (90%) no augsnes iegūtiem rizomorfu paraugiem. 60 paraugos (95,2%) rizomorfas pieder *A. cepistipes* un 22 rizomorfu paraugos (34,9%) noteikta rizomorfu piederība *A. borealis* (1.3.7. tabula).

1.3.7. tabula. No augsnes iegūto rizomorfu paraugu piederība *Armillaria* spp. sugām katrā parauglaukumā.

<i>Armillaria</i> spp. suga	Paraugu skaits parauglaukumos (%)						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>A. cepistipes</i>	7 (78%)	3 (50%)	11 (78%)	6 (100%)	4 (44%)	7 (70%)	3 (33%)
<i>A. borealis</i>	0	2 (33%)	0	0	1 (22%)	0	0
<i>A. cepistipes</i> , <i>A. borealis</i>	2 (22%)	1 (17%)	3 (22%)	0	4 (44%)	3 (30%)	6 (66%)

Sugu koeksistence no viena augsnes parauga izdalītās rizomorfās noteikta visos parauglaukumos, izņemot ceturto parauglaukumu. Pirmajā parauglaukumā abas sugas noteiktas divos paraugos, Otrajā parauglaukumā tās abas kopā sastopamas vienā paraugā, trešajā un sestajā parauglaukumā sugu koeksistence noteikta trīs paraugos, piektajā parauglaukumā abas sugas noteiktas četros paraugos, bet septītajā parauglaukumā – sešos paraugos. Abu sugu koeksistence pavisam kopā noteikta 30,2% analizēto paraugu.

No kalnušām *P. abies* transekta tuvumā ievāktā 31 rizomorfu parauga rizomorfu piederību konkrētai *Armillaria* spp. sugai bija iespējams noteikt 23 paraugiem (74,2%). *A. cepistipes* bija sastopama 22 paraugos (95,7%), bet vienā paraugā (4,3%) tika noteikta rizomorfu piederība *A. borealis*. Visos no kokiem iegūtajos rizomorfu paraugos *Armillaria* spp. sugu koeksistence nav novērota, jo noteikta tikai viena *Armillaria* spp. suga katrā rizomorfu paraugā.

Armillaria sugu sastopamība minerālaugsnē.

Novērtējot *Armillaria* sugu sastopamību egļu audzēs ar minerālaugsnēm, visās 20 apsekotajās egļu audzēs konstatēti celmi ar rizomorfām. Pēc ievāktajām rizomorfām ar molekulārām metodēm noskaidrotas šajos celmos esošās *Armillaria* sugas. Visās audzēs sastopama *A. cepistipes*, savukārt piecās audzēs (25%) – gan *A. cepistipes*, gan *A. borealis* (1.3.8. tabula).

1.3.8. tabula. Apsekotās egļu audzes.

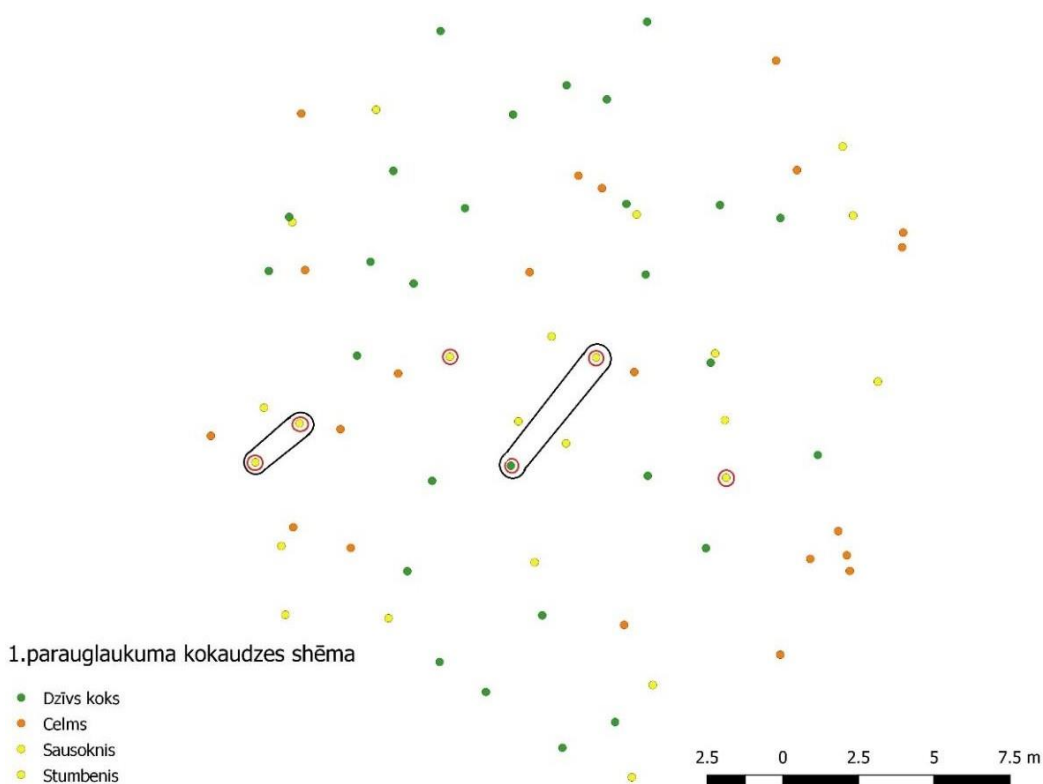
Audzēs ID	Apsekoto celmu caurmērs D _{vid.} (D _{min} ; D _{max}), cm	Celma trupējušās daļas* diametrs, D _{vid.} , cm (celmu skaits)	Celma trupējušās daļas** diametrs D _{vid.} , cm (celmu skaits)	Dobuma diametrs D _{vid.} , cm (celmu skaits)	Celmi ar rizomorfām, skaits	<i>Armillaria</i> sugas
116-8	41,7 (16,5; 56,5)	40,9 (20)	18,0 (8)	15,8 (2)	13	<i>A.cepistipes</i>
17-27	37,2 (22,5; 51,3)	26,1 (8)	21,1 (7)	8,6 (3)	5	<i>A.cepistipes</i>
19-2	44,6 (18,5; 67,0)	32,5 (11)	17,8 (4)	(0)	5	<i>A.cepistipes</i>
30-21	46,1 (19,8; 83,0)	43,4 (19)	17,5 (11)	12,2 (3)	7	<i>A.cepistipes</i>
30-5	40,6 (27,0; 64,0)	26,2 (17)	16,3 (3)	11,5 (2)	8	<i>A.cepistipes</i> , <i>A.borealis</i>
39-6	41,6 (15,5; 72,0)	40,4 (20)	13,8 (7)	(0)	8	<i>A.cepistipes</i>
41-20	38,0 (18,5; 51,3)	33,6 (20)	11,6 (5)	(0)	18	<i>A.cepistipes</i>
42-19	36,7 (20,5; 57,3)	32,9 (16)	11,4 (10)	10,5 (1)	14	<i>A.cepistipes</i>
42-2	33,1 (15,5; 70,3)	23,5 (15)	9,5 (10)	14,0 (1)	13	<i>A.cepistipes</i>
42-20	44,9 (20,0; 86,8)	30,3 (15)	14,2 (14)	14,2 (4)	17	<i>A.cepistipes</i>
42-27	33,8 (21,5; 59,0)	29,2 (20)	16,8 (2)	(0)	19	<i>A.cepistipes</i>
47-21	36,2 (23,5; 51,0)	34,6 (20)	16,3 (14)	9,4 (2)	16	<i>A.cepistipes</i>
48-2	29,1 (16,8; 48,0)	16,8 (12)	13,4 (8)	12,5 (1)	7	<i>A.cepistipes</i>
49-28	30,8 (18,0; 48,0)	24,8 (19)	11,5 (7)	9,5 (1)	8	<i>A.cepistipes</i> , <i>A.borealis</i>
51-8	32,3 (15,5; 65,5)	22,3 (16)	6,4 (2)	(0)	2	<i>A.cepistipes</i> , <i>A.borealis</i>
53-16	27,5 (15,5; 40,5)	24,0 (14)	10,1 (6)	(0)	1	<i>A.cepistipes</i>
53-22	32,9 (22,5; 45,5)	31,4 (16)	12,4 (5)	4,5 (1)	5	<i>A.cepistipes</i> , <i>A.borealis</i>

85-21	47,0 (20,8; 78,8)	34,5 (20)	14,7 (11)	12,8 (1)	13	<i>A.cepistipes</i>
88-18;21	47,7 (17,8; 76,0)	42,0 (17)	21,3 (13)	11,6 (2)	8	<i>A.cepistipes</i>
89-5	34,4 (16,0; 65,0)	28,5 (18)	10,1 (10)	(0)	12	<i>A.cepistipes</i> , <i>A.borealis</i>

*- koksnes krāsas izmaiņas. **- koksnes struktūras izmaiņas.

Heterobasidion spp. genotipu kartēšana

Heterobasidion infekcija konstatēta septiņos paraugos – vienai augošai un piecām kaltsām eglēm pirmajā parauglaukumā un vienai kaltsai eglei otrajā parauglaukumā. Vienam celmam konstatēti *Heterobasidion* augļķermeņi, bet laboratorijā no koksnes parauga sēni izdalīt neizdevās. Veicot izdalīto sakņu piepes genotipu saderības pārbaudi, secināts, ka iegūtās septiņas *Heterobasidion* tīrkultūras atbilst pieciem dažādiem genotipiem. No divām 2,3 m attālumā esošām kaltsām eglēm pirmajā parauglaukumā izdalītās *Heterobasidion* tīrkultūras piederēja vienam genotipam, un no divām 4,6 m attālumā esošām eglēm (vienas dzīvas un vienas kaltsas) izdalītās *Heterobasidion* tīrkultūras piederēja vienam genotipam (1.3.7. attēls). Pārējie genotipi bija pārstāvēti ar vienu koku.



1.3.7. att. Pirmā parauglaukuma shēma. Zaļš aplis – dzīvs koks, dzeltenes aplis kaltis koks, oranžs aplis – celms. Sarkans gredzens apkārt kokiem kam konstatēta *Heterobasidion* infekcija. Ar līniju savienoti koki, kas inficēti ar viena genotipa *Heterobasidion*. Kopumā parauglaukumā konstatēti četri atšķirīgi *Heterobasidion* genotipi.

1.3.4. Secinājumi

1. *Armillaria* spp. infekcijas potenciālu kūdras augsnēs var raksturot, izmantojot bērzu skaidu substrātu. *Armillaria* spp. izplatību veicina gan augsnē esošās rizomorfas, gan augsnē akumulētais micēlijs.
2. Vislielākā ietekme uz rizomorfu attīstību ir pieejamajam koksnes substrātam, tajā skaitā, būtiska ietekme ir koksnes īpatsvaram kūdras sastāvā.
3. Analizētajās kūdras augsnēs noteiktas divas *Armillaria* spp. sugas – dominē vāji patogēnā *A. cepistipes*. Vidēji patogēnā *A. borealis* biežāk konstatēta audzēs, kurās *Heterobasidion* spp. īpatsvars ir mazāks.
4. Kūdras augsnē pierādīta abu *Armillaria* spp. sugu koeksistence (30,2% analizēto paraugu). Inficētā koksne vairāk sastopama *A. cepistipes*; katru trupējušo *P. abies* ir inficējusi tikai viena *Armillaria* spp. suga.
5. Minerālaugsnēs dominē *A. cepistipes*, taču 25% analizēto audžu konstatētas gan *A. cepistipes*, gan *A. borealis*.
6. Rizomorfu bojājumi ievērojami palielina rizomorfu augšanu. Lielākais rizomorfu daudzums sastopams augsnes virskārtā līdz 10 cm dziļumam. Šie faktori jāņem vērā, plānojot mežsaimnieciskās darbības mežaudzēs ar kūdras augsnēm.

1.4. Augsnes sagatavošanas veida (pacilas vai joslas) ietekmes uz trupi izraisošo sēņu sastopamību novērtējums

1.4.1. Metodes

2024. gada rudenī atkārtoti apsekoti eksperimentālie stādījumi, kuros augsne pirms skuju koku stādīšanas sagatavota divos atšķirīgos veidos – pacilās un vagās (1.4.1 tabula). Tika novērtēts kaltsu stādu skaits un trupi izraisošo sēņu sastopamība atkarībā no stādmateriāla (priede, egle) un ražošanas tehnoloģijas (ietvarstādi; kailsakņi), kā arī augsnes sagatavošanas veida (vagas, pacilas). Katrā stādījumā apsekojums veikts, ejot pa transekti: tās garums pacilās un vagās – 20 m, savukārt platums attiecīgi 4,0 un 2,5 m. Uzskaitīti kaltsie koki ar iespējamu trupi izraisošo sēņu infekciju (analīzē netika iekļauti dzīvnieku bojāti koki). No šiem kokiem ievāktas divas koksnes ripas. Koksnes ripas laboratorijā nomizotas, nomazgātas un nedēļu inkubētas istabas temperatūrā. Pēc inkubācijas veikta ripu apskate – izmantojot stereomikroskopu, noteikta *Heterobasidion* klātbūtne pēc sēnei raksturīgajām struktūrām – konīdijnesējiem, ko tā veido koksne. Ja uz ripas virsmas konstatētas sakņu piepes konīdijas, tās ar liesmā sterilizētu pinceti pārnestas uz barotnes, lai izdalītu tīrkultūras.

1.4.1. tabula. Pētījuma objekti. * objektā veikta jaunaudzju kopšana 2023. gada rudenī.

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

1.4.1. Rezultāti

Kopā apsektajos objektos konstatēti seši kaltsi koki (četrus priedes un divas egles). Attiecīgi, pacilas bija divi bojāti koki (viens priedes kailsaknis un viens ietvarstāds), bet vagās – četri (divi priedes ietvarstādi un divi egles ietvarstādi) (1.4.2. tabula). Nevienā no 12 ievāktajiem koksnes paraugiem *Heterobasidion* spp. infekcija netika konstatēta. Literatūras dati liecina, ka egļu audzēs *Heterobasidion* spp. infekcijas pazīmes iespējams novērtēt 10 gadus pēc stādīšanas, bet priežu audzēs pēc pieciem gadiem (Piri, Korhonen, 2001; Piri 2003; Piri et al., 2021). Iespējams, ka priedēm bija inficēta sakņu sistēma, bet *Heterobasidion* spp. vēl nebija izplatījies sakņu stumbrā.

1.4.2. tabula. Ierīkoto un apsektoto parauglukumus skaits (2024. gadā konstatēto kaltsu koku skaits).

Augsnes apstrādes veids	Vagas				Pacilas			
Suga	Priede		Egle		Priede		Egle	
Stādmateriāla veids	Ietvar- stādi	Kail- sakņi	Ietvar- stādi	Kail- sakņi	Ietvar- stādi	Kail- sakņi	Ietvar- stādi	Kail- sakņi
703-226-14-1	2 (1)	2	2	2	2	2 (1)	2	2
703-226-14-2	2	2	2	2	2	2	2	2
610-19-7;7-1	2	2	2	2				
610-19-9					2	2	2	2
604-511-3*					2 (1)	2	2	2
604-174-5	2 (1)	2	2 (2)	2				

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

1.5.1. Metodes

Lai novērtētu *Heterobasidion* micēlija saglabāšanos inficētos egļu sakņu fragmentos un stādu inficēšanos no trupējušiem sakņu fragmentiem, 2024. gada jūnijā veikta 12 parauglaukumu (seši priežu un seši egļu stādījumi) atkārtota apsekošana – eksperiments ierīkots 2017. gadā (1.5.1. attēls).



1.5.1. att. Eksperimentālais stādījums *Heterobasidion* spp. micēlija dzīvotspējas novērtēšanai trupējušos sakņu fragmentos.

Kaltuši koki netika konstatēti, tika izrakti atlikušie augsnē iestrādātie sakņu fragmenti – no 316 sakņu fragmentiem izdevās atrast 298.

Laboratorijā, izmantojot iepriekš aprakstīto metodiku (2. un 3. etapa pārskats), analizētajos sakņu fragmentos pārbaudīta *Heterobasidion* micēlija klātbūtne.

No katra augsnē iestrādātā sakņu fragmenta iegūti vairāki koksnes paraugi, kas tālāk sterilizēti liesmā un ievietoti Petri traukos ar Hagem barotni trīs līdz sešos atkārtojumos (kopā tika izmantoti 1376 Petri trauki). Sēņu micēlija attīstība no sakņu fragmentiem tika pārbaudīta ik pēc 2–3 dienām; ja tika konstatēts *Heterobasidion* micēlijs, to izdalīja tīrkultūrā.

1.5.2. Rezultāti

Eksperimentālajā stādījumā tika atrasti 298 (95%) no atlikušajiem eksperimenta sākumā augsnē iestrādātajiem sakņu fragmentiem (74 analizēto sakņu paraugu tilpums bija 50 cm³, 82 paraugu tilpums – 100 cm³, 83 – 200 cm³ un 59 – 300 cm³) (1.5.1. tabula). Neizdevās atrast 18 sakņu fragmentus, kas iespējams bija sadalījušies (10 no tiem bija no 50 cm³ tilpumgrupas, seši no 100 cm³ tilpumgrupas un pa vienam no 200 cm³ un 300 cm³ tilpumgrupām). Arī analizējot

astrastos sakņu fragmentus, 47,3% no 50 cm³ tilpumgrupas sakņu fragmentiem tika novērtēti kā ļoti stipri sadalījušies, savukārt no paraugiem 100, 200 un 300 cm³ tilpumgrupās kā stipri sadalījušies tika izdalīti attiecīgi 28%, 16,0% un 18,6% paraugu. Neizdevās atrast 18 sakņu fragmentus, kas iespējams bija sadalījušies (10 no tiem bija no 50 cm³ tilpumgrupas, seši no 100 cm³ tilpumgrupas un pa vienam no 200 cm³ un 300 cm³ tilpumgrupām).

No analizētajiem 298 sakņu fragmentiem 29 jeb 9,7% konstatēts *Heterobasidion* micēlijs. Sakņu piepes micēlijs saglabājies 13 sakņu fragmentos ar tilpumu 300 cm³ (22% no attiecīgajā tilpumgrupā analizēto sakņu fragmentu), sešos – 200 cm³ (7,4%), astoņos – 100 cm³ (9,8%) un divos ar tilpumu 50 cm³ (2,7%) (1.5.1. tabula).

1.5.1. tabula. Ievākto sakņu paraugu skaits (sakņu fragmentu skaits, no kā izdalīts *Heterobasidion*) pa parauglaukumiem un tilpuma grupām.

Atslēga	Tips	Paug-laukums	Ieraktā sakņu parauga tilpuma grupai piederošo sakņu fragmentu skaits (sakņu fragmenti, no kuriem izdalīts <i>Heterobasidion</i>)				Kopā
			50 cm ³	100 cm ³	200 cm ³	300 cm ³	
609-176-5	Kp	1P*	4(1)	12 (1)	12 (1)	16 (7)	44 (10)
609-176-5	Kp	2P	10 (0)	9 (1)	8 (1)	6 (1)	33 (3)
609-176-5	Kp	3E**	4 (0)	9 (0)	7 (3)	4 (0)	24 (3)
609-176-5	Kp	4E	8 (0)	7 (1)	4 (1)	6 (0)	25 (2)
609-177-21	Kp	5P	12 (0)	11 (2)	10 (0)	4 (1)	37 (3)
609-177-21	Kp	6E	8 (1)	6 (1)	12 (0)	6 (3)	32 (5)
609-177-21	Kp	8P	4 (0)	10 (2)	8 (0)	8 (1)	30 (3)
609-189-9	Ks	9P	8 (0)	4 (0)	6 (0)	6 (0)	24 (0)
609-189-9	Ks	11E	12 (0)	8 (0)	6 (0)	2 (0)	28 (0)
609-189-9	Ks	12E	4 (0)	6 (0)	10 (0)	1 (0)	21(0)
609-189-9	Ks	Kopā	74 (2)	82 (8)	83 (6)	59 (13)	298 (29)

* - priede; ** - egle.

Iegūtie dati apstiprina Somijā veikto pētījumu rezultātus. Minētajā pētījumā secināts, ka dzīvotspējīgs *Heterobasidion parvaporum* micēlijs saglabājas inficētos egļu sakņu fragmentos vismaz sešus gadus un tā saglabāšanās ir atkarīga no koksnes paraugu tilpuma (Piri, Hamberg, 2015). Arī mūsu iegūtie dati liecina, ka sakņu fragmentos, kuru tilpums ir 300 cm² *Heterobasidion* spp. micēlijs konstatēts sešas reizes vairāk salīdzinājumā ar sakņu fragmentiem, kuru tilpums ir 50 cm². Pētījums Somijā tika veikts minerālaugsnes, bet mūsu ierīkotie stādījumi raksturoja kūdras augsnēs. Citā LVMI Silava veiktā pētījumā, analizējot *Heterobasidion* spp. genotipu izplatību kūdras augsnēs, secināts, ka egļu celmi kūdras augsnēs ļoti strauji sadalās (Gaitnieks et al., 2022). Tātad, kūdras augsne veicina koksnes substrāta sadalīšanos, tomēr, mūsu pētījums pierāda, ka, pat neskatoties uz to, ka jau sākotnēji eksperimentā iekļautie sakņu fragmenti bija stipri trupējuši, arī kūdras augsnēs inficētā koksne *Heterobasidion* spp. micēlijs saglabā dzīvotspēju vismaz sešus gadus.

Stādīto *Picea abies* inficēšanās saistīta ar sēnes micēlija saglabāšanos augsnē. Kaut kaltsi stādi šī gada apsekojumā netika konstatēti, somu kolēģi norādījuši, ka stādīto *Picea abies* inficēšanās saistīta ar sēnes micēlija saglabāšanos augsnē (pēc inficēto koksnes paraugu iestrādāšanas augsnē 8% stādīto *Picea abies* ir inficētas) (Piri, Hamberg, 2015). Nevar izslēgt, ka daļu stādīto egļu mūsu analizētajos parauglaukumos *Heterobasidion* spp. micēlijs no sakņu paraugiem parauglaukumā jau ir inficējis, bet, kā liecina citu autoru pētījumi, pirmās infekcijas

pazīmes eglēm tiek konstatētas 10 gadus pēc stādīšanas (Piri, 2003). Turklāt, lai kokaugu saknes tiktu inficētas, inficētajai koksnei ir jābūt tiešā kontaktā ar sakni. Stādīto priežu infekciju ar *Heterobasidion* spp. varēja ietekmēt patogēna suga – egļu sakņu piepe *H. parviporum*, kas reprezentēja trupējušos sakņu fragmentus. Iespējams šī iemesla dēļ arī netika konstatētas kaktušas priedes.

1.5.3. Secinājumi

1. Kūdras augsnēs ar *Heterobasidion* spp. inficētā egles koksne sēnes micēlijs saglabā dzīvotspēju vismaz sešus gadus.
2. Patogēna micēlija saglabāšanos ietekmē sakņu fragmentu tilpums – sakņu paraugos ar 300 cm² tilpumu konstatēts sešas reizes vairāk ar *Heterobasidion* spp. inficēto paraugu, salīdzinājumā ar 50 cm² tilpuma sakņu fragmentiem.
3. Augsnē palikušie ar *Heterobasidion* spp. inficētie sakņu fragmenti var sekmēt sakņu piepes infekciju nākošajā nākošajā koku paaudzē – veicot stādīšanu stipri inficētās platībās, svarīgi neatstāt augsnē ar *Heterobasidion* spp. inficētu koksni.

1.6. Stādu attīstības monitorings celmu izstrādes parauglaukumos

Lai izvērtētu celmu raušanas ietekmi uz sakņu trapes izplatību 2024. gadā turpināta celmu izstrādes objektu apsekošana (parauglaukumi ierīkoti 2011.–2012. gadā).

1.6.1. Metodes

Pieci celmu izstrādes objekti atrodas Rietumvidzemes, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Vidusdaugavas mežsaimniecībās. Katrā objektā pēc galvenās cirtes (veikta 2010. gadā) ierīkoti divi parauglaukumi (0,5 ha katrs): viens atcelmošanas parauglaukums un viens kontroles parauglaukums, kur celmi netika izstrādāti. 2024. gada septembrī veikta atkārtota šo celmu izstrādes parauglaukumu apsekošana, novērtējot kaltošos/bojātos kokus, *Armillaria* spp. rizomorfu sastopamību, kā arī koksnes paraugu ievākšana no kaltošajām eglēm, lai novērtētu inficētību ar sakņu piepi. Kaltošo/inficēto koku skaits novērtēts pa diagonāli kontroles un atcelmotajās platībās; parauglaukumu lielums – aptuveni 0,5 ha.

1.6.2. Rezultāti

Kaltuši vai kalstoši koki konstatēti četrās audzēs (1.6.1. tabula); divi no tiem celmu izstrādes platībās, kur veikta celmu izstrāde, trīs – platībās, kuros celmu izstrāde nebija veikta. *Heterobasidion* micēlijs izdalīts no visiem pieciem kokiem. Patogēna suga noteikta ar molekulārajām metodēm kā *Heterobasidion parviporum*, izņemot no audzes Dursupē ievāktā kaltošas egles koksnes parauga iegūtā tīrkultūra, kas noteikta kā *Heterobasidion annosum*. Zviedrijā veiktā pētījumā (Oliva et al., 2010) konstatēts, ka 15 gadu laikā infekcija no celmiem izplatās uz 70–75% blakus augošo koku, tādējādi paredzams, ka kaltošo koku īpatsvars turpmākajos gados turpinās pieaugt. Citos pētījumos atcelmošanas ietekme ir novērtēta, sākot ar divdesmit pirmo gadu pēc celmu izstrādes (Vasaitis et al., 2008; Cleary et al., 2013). Mūsu pētījumā pierādītā skuju koku inficētība ar sakņu piepi pēc celmu izstrādes apstiprina citu autoru pētījumu rezultātus, ka celmu raušana nevar 100% nodrošināt stādmateriāla aizsardzību, taču tā būtiski samazina patogēna izplatību (Vasaitis et al., 2008).

1.6.1. tabula. Pētījumu objektu raksturojums.

Audzes apzīmējums	Audzes atslēgas kods	Egļu vid. caurmērs, cm	Egļu vid. augstums, m	Kaltušo (ar <i>Heterobasidion</i> inficēto) koku skaits							
				Parauglaukumā, kur veikta celmu izstrāde				Parauglaukumā, kur celmu izstrāde nav veikta			
				2021	2022	2023	2024	2021	2022	2023	2024
Rembate	501-360-9	7,5	7,8	0	0	1(0)	0	0	3(1)	6(2)	3(3)
Nītaure	410-58-34	7	6,5	0	0	0	1 (1)	0	0	2(2)	0
Stende	714-188-9	6,5	6	0	2(0)	1(0)	0	0	0	0	0
Jaunpils	603-326-7	9,8	8,3	0	0	0	0	0	1(1)	2(1)	0
Dursupe	712-437-8	6,8	6,1	0	0	0	1(1)	0	0	0	0

1.6.3. Secinājumi

Augsnē palikušie sakņu fragmenti pēc celmu izstrādes var izraisīt stādīto egļu inficēšanos ar sakņu piepi.

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

1.7.1. Metodes

2022. gada oktobrī 508. kvartālapgabala 266. kvartāla 6. nogabalā (platība 4,61 ha, meža tips – lāns, audzes vecums – 21 gads) kopā ar LVM darbinieku Monvīdu Strautiņu (VD reģions, Vecumnieku iecirknis) izvēlēti divi priežu parauglaukumi un ierīkots eksperiments, lai novērtētu celmu augstuma ietekmi uz *Heterobasidion* izplatību. Katrā parauglaukumā nozāģēti 75 augstie (H=50 cm) un 75 zemie (H=15 cm) celmi. 25 celmi no katras grupas apsmidzināti ar “Rotstop”, 25 – ar vietējo lielās pergamentsēnes izolātu (PG 382) un 25 atstāti bez apstrādes. 2024. gada aprīlī parauglaukumos atjaunots celmu marķējums. 2024. gada oktobrī ievākti koksnes paraugi no 142 augstajiem (H=50 cm) un 150 zemajiem (H=15 cm) celmiem; analizēta viena 3 cm bieza ripa no katra celma, lai novērtētu to inficētību ar sakņu piepi.

Ievāktās ripas nomizotas, nomazgātas un ievietotas polietilēna maisiņos septiņus dienu inkubēšanai klimata kamerās. Lai novērtētu *Heterobasidion* konīdiju sastopamību pēc inkubācijas perioda, katru kvadrātcimetru sistemātiski pārbaudīja, izmantojot stereomikroskopu. Atrodot konīdijas, attiecīgo kvadrātu atzīmēja ar ūdensizturīgu sarkanas krāsas marķieri. Ripas turpināja inkubēt septiņas dienas, lai pēc divu nedēļu perioda noteiktu *P. gigantea* izveidojušos brūngano krāsojumu, tādējādi nosakot tās izplatību ievāktajās koksnes ripās. Uz ripas virsmas ar ūdensizturīgas krāsas marķiera palīdzību atzīmēja *P. gigantea* micēlija aizņemto laukumu. *P. gigantea* un *Heterobasidion* aizņemtos laukumus pārzīmēja uz caurspīdīgas plēves, un ar planimetru (PLANIX S10 „Marble”) izmērija *P. gigantea* aizņemto laukumu. *Heterobasidion* aizņemto laukumu ieguva, saskaitot ar attiecīgu krāsu atzīmēto punktu skaitu un sareizinot ar uzskaites rūtiņas laukumu.

1.7.2. Rezultāti

Heterobasidion infekcija konstatēta vienā zemajā celmā no 48 analizētajiem ar PG 382 apstrādātajiem celmiem un četros augstajos celmos no 45 analizētajiem celmiem kontroles grupā. Ievāktajām celmu ripām novērots augsts *P. gigantea* īpatsvars, kas norāda gan uz augstu dabisko *P. gigantea* infekciju, gan efektīvu apstrādes ietekmi (1.7.1. tabula). Netika konstatētas būtiskas lielās pergamentsēnes aizņemtā laukuma atšķirības starp apstrādes variantiem. Jāatzīmē, ka augsts *P. gigantea* micēlija īpatsvars gan kontroles, gan apstrādāto celmu ripās novērots jau 2023. gada rudenī.

1.7.1. tabula. *Heterobasidion* un *P. gigantea* attīstība priežu celmos.

Celmu augstums	Apstrādes variants	2024.gada oktobris		
		Analizēto celmu skaits	Ar <i>Heterobasidion</i> inficēto celmu skaits	Ar <i>P. gigantea</i> inficēto celmu skaits (vid. laukums uz ripām %)
Augstie celmi (H=50 cm)	“Rotstop”	45	0	38 (95,4)
	PG 382	52	0	43 (93,1)
	Kontrole	45	4	34 (79,5)
Zemie celmi (H=15 cm)	“Rotstop”	50	0	41 (94,3)
	PG 382	48	1	38 (90,1)
	Kontrole	52	0	30 (86,1)

1.7.3. Secinājumi

1. Latvijas izcelsmes lielās pergamentsēnes izolāts PG382 nodrošina līdzvērtīgu priežu celmu aizsardzību pret *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu infekciju kā Somijā ražotais bioloģiskais preparāts “Rotstop”.
2. Priežu celmu augstums neietekmē apstrādes efektivitāti ar lielās pergamentsēnes izolātiem, kā arī celmu kolonizāciju ar dabisko *P. gigantea*.

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

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

2.1.1. Metodes

Lai samazinātu sakņu trapes izraisītos zaudējumus Eiropā un arī Latvijā, plaši tiek izmantots Somijā ražotais bioloģiskais preparāts “Rotstop” (Gaitnieks et al., 2019). LVMI Silava noskaidrots, ka, apstrādājot celmus ar bioloģisko preparātu “Rotstop” krājas kopšanas cirtes laikā egļu audzēs, tiešais ieņēmumu palielinājums galvenajā cirtē būtu 313 EUR uz ha, taču ilgtermiņā ekonomiskais ieguvums tikai palielinās, jo tiek samazināta infekcijas izplatība sakņu kontaktu ceļā. LVMI Silava tiek veikti pētījumi, lai atrastu efektīvus vietējās izcelsmes lielās pergamentsēnes izolātus. Perspektīvā, izmantojot Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolātus, tiktu arī veicināta sēņu bioloģiskā daudzveidība.

Līdz 2024. gada septembrim veikta arī LVMI Silava Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas laboratorijas sēņu kultūru kolekcijas pārstādīšana (vairāk nekā 100 izolātu).

2024. gadā pavisam tika ievākti vairāk kā 50 *P. gigantea* paraugi, no kuriem laboratorijā tīrkultūrā izdalīti 7 izolāti no egles, bet 3 no priedes koksnes (2.1.1. tabula). Tīrkultūrā izdalītajiem *P. gigantea* izolātiem tika noteikts augšanas ātrums; A – uz Hagem agara barotnes, B – egles koksne. Izolātu micēlija augšanas ātruma pārbaude tika veikta 2024. gada septembrī-oktobrī. Izolāti kultivēti uz Hagem agara barotnēm katrs trīs atkārtojumos un to radiālais augšanas ātrums novērtēts 9 dienu laikā, katru otro dienu fiksējot micēlija rādiusa palielinājumu (no Petri trauka centra).

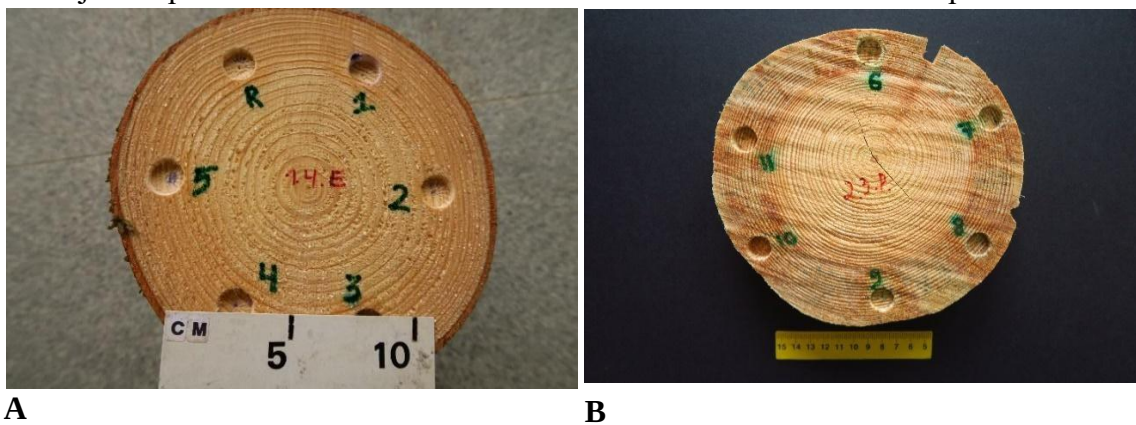
2.1.1. tabula. *P. gigantea* izolātu augšanas ātrums milimetros dienā uz Hagem agara barotnes.

Izolāts	Substrāts	Ievākšanas vieta	Augšanas ātrums, mm/d	Izolāts	Substrāts	Ievākšanas vieta	Augšanas ātrums, mm/d
1	egle	Ogre	7.78	6	egle	Kalsnava	7.67
2	egle	Ogre	8.56	7	priede	Kuldīga	11.28
3	egle	Ogre	10	8	priede	Kuldīga	9.28
4	egle	Kalsnava	9.39	9	priede	Kuldīga	11.94
5	egle	Kalsnava	9.89	10	egle	Rēzekne	9.56

Lai novērtētu ievāktu *P. gigantea* izolātu augšanas ātrumu koksne, 2024. gada 6. novembrī tika ierīkots eksperiments, izmantojot egles *Picea abies* un priedes *Pinus sylvestris* nogriežņus. Eksperimentam izmantotas stumbra daļas ar diametru 15–18 centimetri, kurās ir pēc iespējas mazāk zaru. Egles un priedes nozāģētas MPS Kalsnavas mežu novada teritorijā, sazāģētas 1 m garos nogriežņos un transportētas uz LVMI Silava. Tieši pirms eksperimenta ierīkošanas katru nogriezni sazāģēja mazākos, 30 cm garos nogriežņos. Lai izslēgtu koka

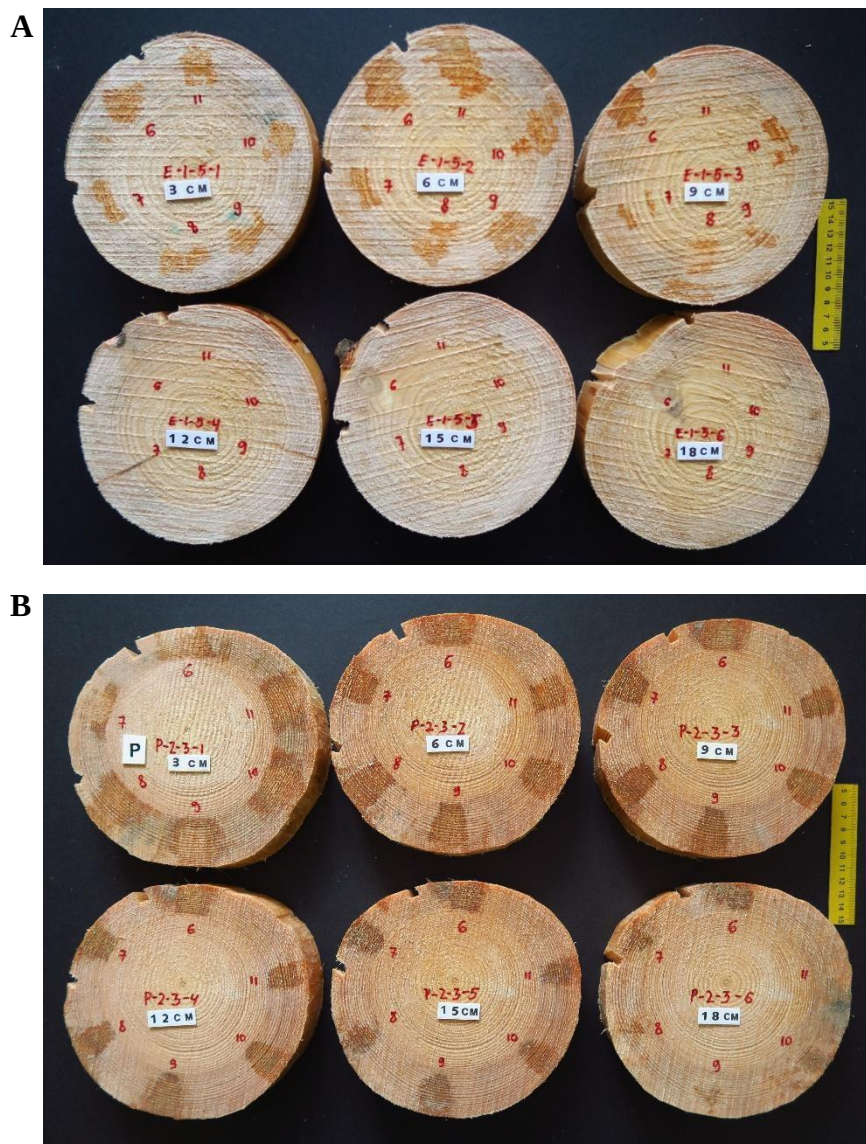
individuālo īpašību ietekmi uz eksperimenta rezultātiem, apstrādei ar konkrētiem *P. gigantea* izolātiem tika izvēlēti nogriežņi no diviem vienas sugas kokiem, dažādās stumbra vietās (no tievgaļa, vidus un resgaļa). Sagatavotie nogriežņi tālāk tika izmantoti *P. gigantea* augšanas ātruma novērtēšanai.

Nogriežņu virspusē iestrādātas sešas bedrītes, kuru diametrs ir 1,5 cm (2.1.1. attēls). Pēc tam bedrītēs ar automātisko pipeti tika iepilināti 0,5 ml attiecīgās *P. gigantea* izolāta suspensijas, katrs *P. gigantea* izolāts analizēts septiņos atkārtojumos. Suspensijas pagatavotas laboratorijā 2 stundas pirms eksperimenta sākuma (*P. gigantea* sporu koncentrācija 5000 sporas uz mililitru). Eksperimentā iekļauti 10 no jauna iegūtie *P. gigantea* izolāti, jau iepriekšējos eksperimentos izmantotais izolāts PG182 un kontrolei – “Rotstop” izolāts.



2.1.1. att. A – egles nogrieznis ar sagatavotām bedrītēm suspensijas iestrādei; 1 – 5: Latvijas izcelsmes izolāti; R - “Rotstop”. B – priedes nogrieznis pēc trīs nedēļu inkubācijas klimata kamerā; 6 – 10: Latvijas izcelsmes izolāti; 11 – PG182 (arī uz nogriežņa zāģējuma virsmas redzams *P. gigantea* izraisītais iekrāsojums).

Pēc apstrādes nogriežņi inkubēti klimata kamerā trīs nedēļas (temperatūra: 20 °C, relatīvais gaisa mitrums: 80%). Pavisam eksperimentā izmantoti 14 egles un 14 priedes nogriežņi. Pēc tam no katra nogriežņa tika nozāģētas 6 ripas (ripu biezums 3 cm) (2.1.2. attēls). Ripas marķētas, nomizotas, nomazgātas, ieliktas plastmasas maisiņos un inkubētas klimata kamerās vēl vienu nedēļu.



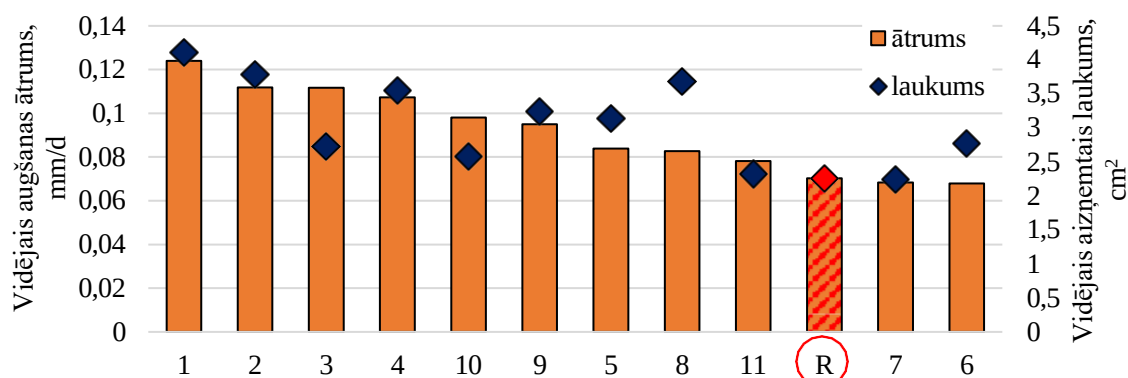
2.1.2. att. *P. gigantea* izolātu augšanas ātruma un aizņemtā laukuma novērtējums dažādos dziļumos (3-18 cm) no nogriežņa virsmas: A – egles koksne; B- priedes koksne: 6-11 *P. gigantea* izolāti.

Uz ripu virsmas atzīmēja *P. gigantea* micēlija aizņemto laukumu un tika noteikts, cik dziļi koksne ieaudzis *P. gigantea* micēlijs. *P. gigantea* aizņemtos laukumus pārzīmēja uz caurspīdīgas plēves un ar planimetru (PLANIX S10 „Marble”) izmērīja *P. gigantea* aizņemto laukumu.

2.1.2. Rezultāti

P. gigantea izolātu kopējais vidējais augšanas ātrums egles koksne bija $3,85 \pm 0,81$ mm/d un vidējais aizņemtais laukums bija $3,03 \pm 0,64$ cm². *P. gigantea* izolātu augšanas ātruma vērtības ir līdzīgas lielās pergamentsēnes micēlija augšanas ātruma vērtībām, kādas iegūtas Somijā veiktā pētījumā. Iepriekš minētajā eksperimentā tika analizēti 64 dažādi *P. gigantea* izolāti (Sun et al., 2009). Arī Latvijā veiktos eksperimentos, analizējot vairāk kā 100 *P. gigantea* izolātus, kas iegūti no egles un priedes koksnes, iegūtas līdzīgas *P. gigantea* micēlija attīstību raksturojošās vērtības skuju koku koksne (Kļaviņa et al., 2023).

Kā liecina iegūtie dati, astoņi no desmit 2024. gadā iegūtajiem *P. gigantea* izolātiem egles koksnē uzrāda lielāku vidējo augšanas ātrumu, salīdzinājumā ar bioloģiskā preparāta “Rotstop” sastāvā esošo izolātu (2.1.3. attēls).

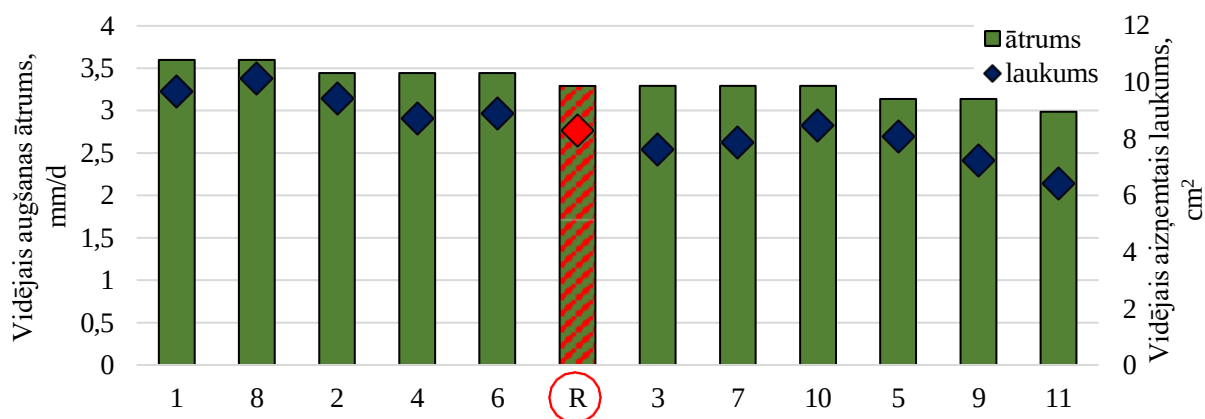


P.gigantea izolāts

2.1.3. att. *P. gigantea* izolātu vidējais augšanas ātrums un aizņemtais laukums *Picea abies* koksnē. R - “Rotstop”; 1-11 - Latvijas izcelsmes izolāti.

Tomēr atšķirības nav būtiskas ($p > 0,05$). Lielāku aizņemto laukumu egles koksnē uzrāda 10 izolāti, bet salīdzinājumā ar “Rotstop” statistiski būtiska atšķirība ($p > 0,05$) ir tikai 1. izolātam.

Priedes koksnē *P. gigantea* izolātu kopējais vidējais augšanas ātrums bija $3,32 \pm 0,19$ mm/d un kopējais vidējais aizņemtais laukums $8,41 \pm 1,06$ cm². Visaugstākās vidējā augšanas ātruma un aizņemtā laukuma vērtības bija izolātam Nr.1., kurš izdalīts no egles koksnē un izolātam Nr.8., kurš, savukārt, izdalīts no priedes koksnē (2.1.4. attēls).

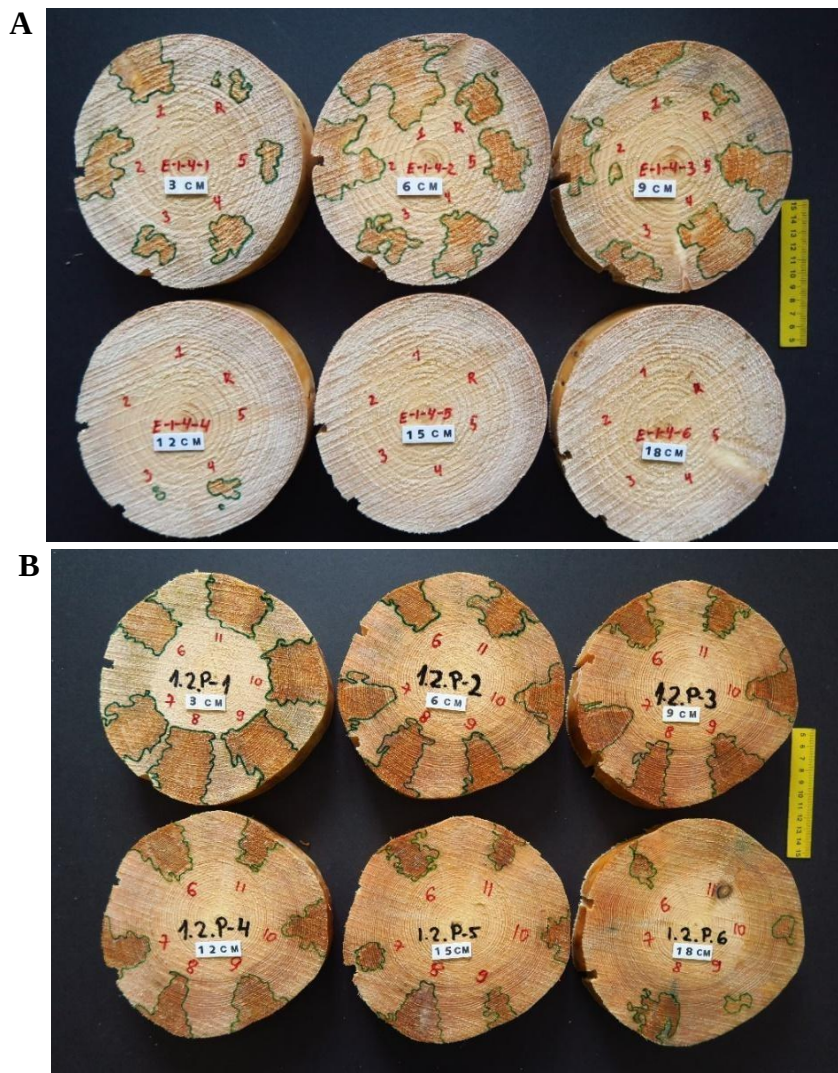


P.gigantea izolāts

2.1.4. att. *P. gigantea* izolātu vidējais augšanas ātrums un aizņemtais laukums *Pinus sylvestris* koksnē. R - “Rotstop”; 1-10 - Latvijas izcelsmes izolāti.

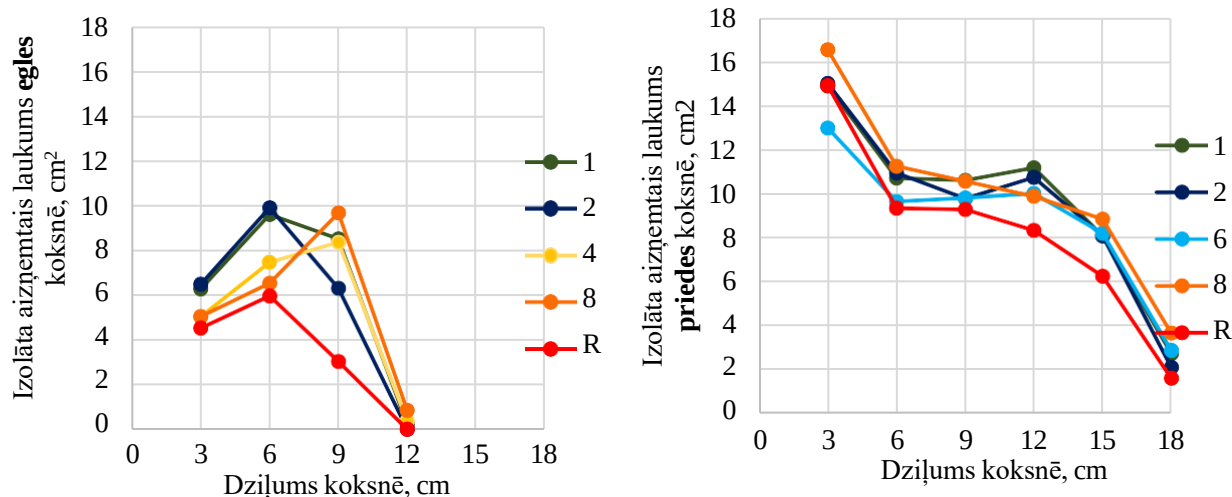
Pārbaudāmo izolātu (ieskaitot 1. un 8.) augšanas ātrums būtiski neatšķirās no “Rotstop” izolāta augšanas ātruma.

Salīdzinot *P. gigantea* micēlija attīstību dziļāk koksnē, noskaidrots, ka egles koksnē 20 dienu laikā *P. gigantea* micēlijs izaug līdz 12 cm dziļumam, bet priedes koksnē līdz 18 cm dziļumam. Atsevišķu izolātu aizņemtais laukums priedes koksnē 18 cm dziļumā ļauj secināt, ka 20 dienu ekspozīcija klimata kamerā nodrošina micēlija izaugšanu nogriežņos dziļāk par 18 centimetriem (2.1.5. attēls).



2.1.5. att. *P. gigantea* izolātu attīstība egles(A) un priedes(B) koksnē. 1-5; 6-11 – Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolāti. R - “Rotstop”. 3-18 cm – izolātu micēliju aizņemtais laukums analizētajā ripā konkrētajā dziļumā (no nogriežņa zāģējuma virsmas).

Turklāt, ja trīs *P. gigantea* izolātu (1., 4. un 8.) vidējais laukums 12 cm dziļumā egles koksnē svārstās no 0,22 līdz 0,85 cm², tad priedes koksnē šajā pat dziļumā iepriekš minēto izolātu laukums ir 9,88 līdz 11,18 cm² (2.1.6. attēls).



2.1.6. att. *P. gigantea* izolātu Nr.1., Nr.2., Nr.4., Nr.6., Nr.8. un “Rotstop” izolāta (R) aizņemtais laukums *Picea abies* un *Pinus sylvestris* koks, 3, 6, 9, 12, 15 un 18 cm dziļumā.

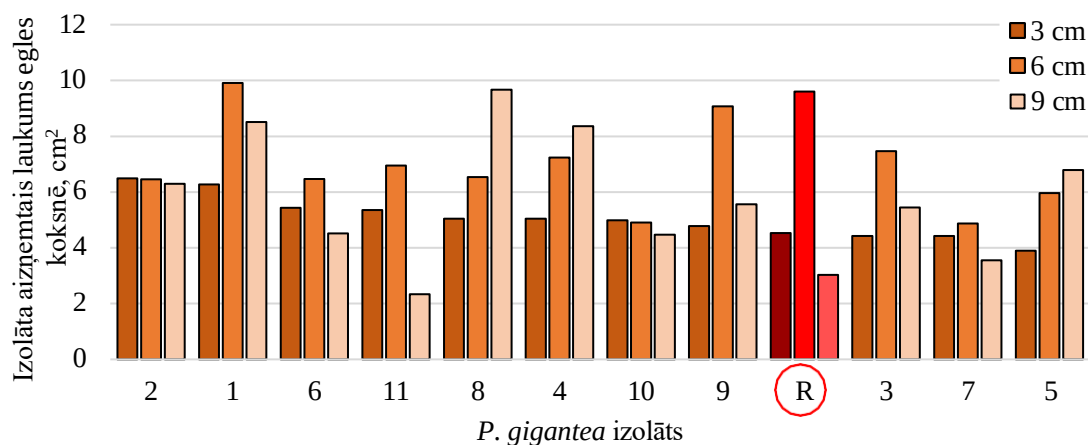
Kā redzams, pārskata periodā izdalīto *P. gigantea* izolātu aizņemtais laukums salīdzinājumā ar “Rotstop” aizņemto laukumu apstiprina, ka vietējie lielās pergamentsēnes izolāti perspektīvā var tikt sekmīgi pielietoti *Heterobasidion* spp. primārās – sporu infekcijas ierobežošanai. Egles koks, 80–90%, bet priedes koks, 50–60% analizēto *P. gigantea* izolātu aizņemtais laukums un augšanas ātrums ir lielāks, salīdzinājumā ar “Rotstop” izolātu.

Priedes koks, lielākas aizņemtā laukuma vērtības *P. gigantea* izolāti uzrāda trīs centimetru dziļumā, bet nogriežņos 6–15 cm dziļumā tās ir relatīvi līdzīgas. Turpretī egles koks, vairāki mūsu ievāktie izolāti lielākas micēlija aizņemtā laukuma vērtības uzrāda sešu un deviņu cm dziļumā (2.1.7. attēls).



2.1.7. att. *P. gigantea* izolātu radītais iekrāsojums egles koks, 6-11 – Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolāti. 3-18 cm – izolātu micēlija aizņemtais laukums analizētajā ripā konkrētajā dziļumā (no nogriežņa zāģējuma virsmas).

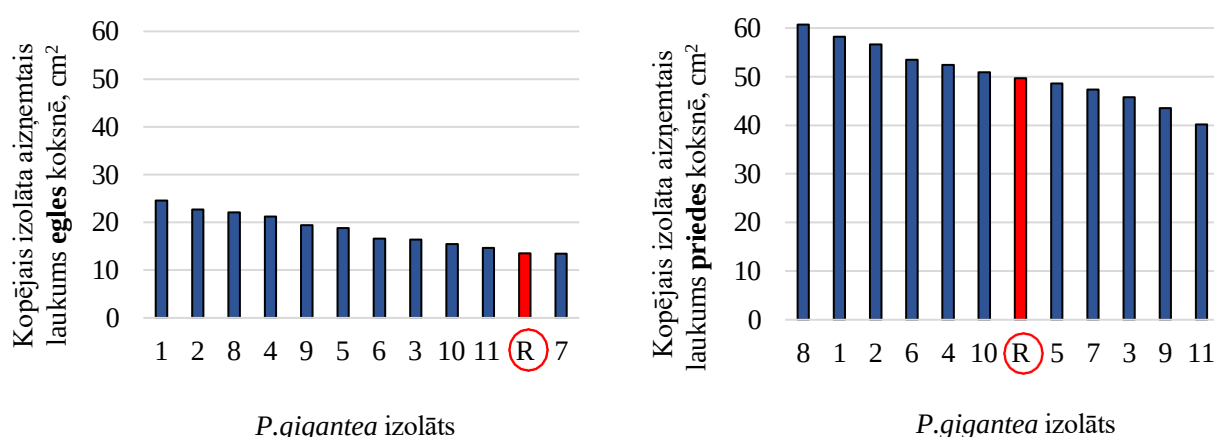
Kā redzams (2.1.8. attēls), vairāku Latvijas izcelsmes izolātu aizņemtais laukums 9 cm dziļumā ir būtiski lielāks salīdzinājumā ar “Rotstop” izolāta aizņemto laukumu.



2.1.8. att. Izolātu aizņemtais laukums (cm²) *Picea abies* koksnē trīs, sešu un deviņu centimetru dziļumā. R - “Rotstop”; 1-10 - Latvijas izcelsmes izolāti.

Iespējams to var saistīt ar egles koksnes nogriežņu izžūšanu, taču abu koku sugu nogriežņi tika inkubēti klimata kamerā vienādos mitruma apstākļos, tāpēc iespējams, ka šīs egles un priedes koksnes īpašības ietekmē to, ka priedes koksnē *P. gigantea* attīstās labāk, kas pierādīts arī vairākos pētījumos (Korhonen 2003; Webber, Thorpe, 2003). Arī Latvijā veiktos pētījumos ir secināts, ka priežu celmi salīdzinot ar egļu celmiem ir būtiski mazāk inficēti ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām (Kenigšvalde et al., 2016). Protams, tas ir saistīts ar abu sēņu, gan *Heterobasidion* spp., gan *P. gigantea* mijiedarbību koksnē – priežu celmos *P. gigantea* var daudz sekmīgāk izkonkurēt *Heterobasidion* spp. infekciju.

Summējot katra analizētā *P. gigantea* izolāta aizņemtos laukumus, sešos analizētajos dziļumos (3–18 cm) redzams, ka deviņi no desmit šī gada laikā ievāktie *P. gigantea* izolāti egles koksnē un seši izolāti priedes koksnē aizņem lielāku laukumu nekā “Rotstop” izolāts (2.1.9. attēls).



2.1.9. att. *P. gigantea* izolātu kopējais aizņemtais laukums *Picea abies* un *Pinus sylvestris* koksnē. R- “Rotstop”; 1-10 – jaunie Latvijas izcelsmes izolāti; 11 – PG182.

Analizēto *P. gigantea* izolātu vidējais kopējais laukums egles nogriežņos bija 3,10 cm², bet priedes nogriežņos 8,43 cm². *P. gigantea* micēlija izraisītais krāsojums ir saistīts ar lielāku micēlija biomasu koksnē.

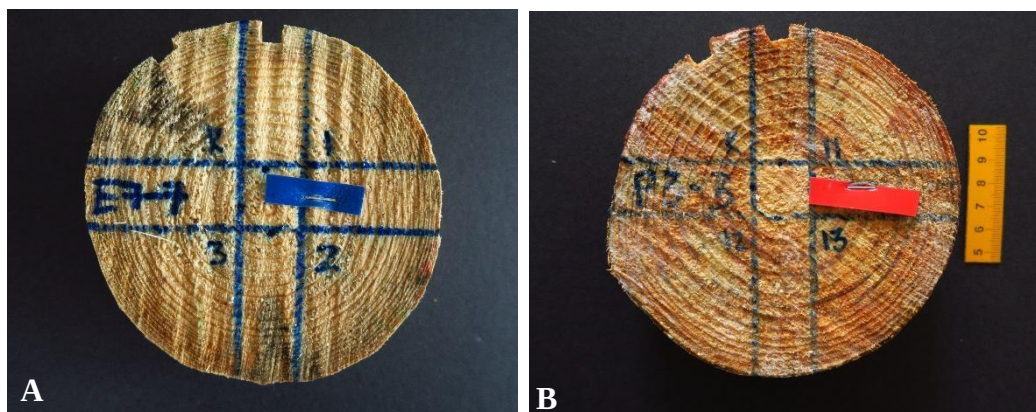
2.2. Citu koksni kolonizējošo sēņu izmantošanas potenciāla novērtējums bioloģisko preparātu efektivitātes uzlabošanā - *Trichaptum abietinum* nozīme sakņu piepes ierobežošanā

Egļu un priežu nogriežņos tika pārbaudīta sēņu suspensiju maisījumu un atsevišķu sēņu izolātu efektivitāte pret *Heterobasidion* spp. dabīgo sporu infekciju. Tika pārbaudīts *T. abietinum* izolātu augšanas ātrums un antagonisms pret *Heterobasidion* spp., kā arī atlasīto *T. abietinum* izolātu efektivitāte pret *Heterobasidion* spp. suspensiju maisījumā kopā ar *P. gigantea* un atsevišķi.

Keitlīna Krastiņa aizstāvējusi bakalaura darbu Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātē “Egļu violetpiepes *Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvarden antagonisms pret sakņu piepi *Heterobasidion* spp.” (5. pielikums). Prezentēts stenda ziņojums Pasaules IUFRO kongresā (23.-29. jūnijs), Zviedrijā, Stokholmā: “POTENTIAL OF HYPHOLOMA SPP. TO IMPROVE EFFICACY OF PHLEBIOPSIS GIGANTEA AGAINST HETEROBASIDION ROOT ROT” (5. pielikums).

2.2.1. Metodes

Eksperimenta ierīkošanai tika sagatavoti 56 nogriežņi (28 egles un 28 priedes) ar garumu aptuveni 30 cm un diametru vidēji 13 cm. Nogriežņu virsma pēc zāģēšanas sadalīta četros sektoros, novelkot līnijas un atstājot 1–2 cm atstarpi starp sektoriem (2.2.1. attēls), nodrošinot izolātu nesaaugšanu kopā, lai objektīvi varētu novērtēt iegūtos datus, skaidri nošķirot vienu izolātu no otra. Uz sektoriem atzīmēts izolāta numurs, katra nogriežņa pirmo sektoru atstājot kā kontroli “K” (apstrāde ar ūdeni), katrā sektorā novērtēta *Heterobasidion* spp. dabiskā infekcija.



2.2.1. att. Egles (A) un priedes (B) nogriežņu virsma sadalīta sektoros. K-kontrole; 1-“Rotstop”; 2-PG182; 3-PG382; 11-PG182+TR19; 12-PG182+TR21; 13-PG382+TR21.

Pēc sektoru marķēšanas nogriežņu virsma apstrādāta ar 10 *P. gigantea* un *T. abietinum* atsevišķu izolātu un jauktām suspensijām.

Pēc tam nogriežņi pārvesti uz VD reģiona Ogres meža iecirkņa teritoriju, nogriežņi audzē atstāti piecas dienas (2.2.2. attēls).



2.2.2. att. Eksperimentam sagatavotie nogriežņi *Heterobasidion* spp. infekcijas novērtējumam (lai izslēgtu vietas heterogenitātes ietekmi uz nogriežņu infekciju tie eksponēti četrās dažādās vietās, nogriežņus attiecīgi marķējot, lai, izvērtējot datus, būtu iespējams fiksēt nogriežņa atrašanās vietu audzē).

Pēc ekspozīcijas mežā nogriežņi pārvesti uz LVMI Silava un inkubēti klimata kamerās (temperatūra: 20 °C, relatīvais gaisa mitrums: 80%) trīs nedēļas un regulāri mitrināti. Pēc tam katrs nogrieznis tika sazāgēts 3 ripās (ripu biezums 3 cm), kuras inkubētas vēl vienu nedēļu. Suspensiju efektivitāte pret *Heterobasidion* spp. analizēta trīs un deviņu centimetru dziļumā. *Heterobasidion* spp. aizņemto laukumu cm² ieguva, saskaitot ar attiecīgu krāsu atzīmēto punktu skaitu un reizinot ar redzes lauku 0,5 cm². Efektivitāte (E) aprēķināta, izmantojot sekojošo formulu:

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

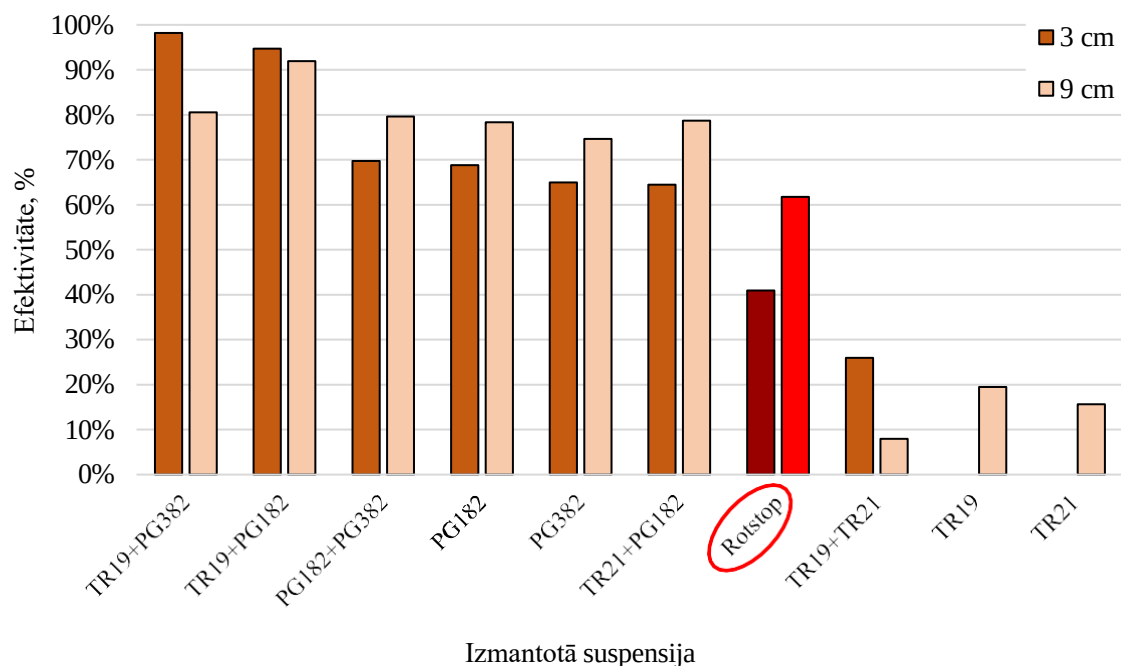
2.2.2. Rezultāti

Pārbaudot *T. abietinum* un *P. gigantea* atsevišķu izolātu un to jaukto suspensiju maisījumu efektivitāti pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju, noskaidrots, ka priedes koksnē visi izolāti un suspensiju maisījumi uzrādījuši 100% efektivitāti pret *Heterobasidion* spp. dabīgo sporu infekciju (2.2.3. attēls).



2.2.3. att. *P. gigantea* (oranži-brūnā iekrāsojuma robežas markētas ar zaļu krāsu) un *Heterobasidion* spp. infekcija (sarkani punkti) apstrādes (1–3) un kontroles (K) sektoros 3–9 cm dziļumā priedes (A) un egles (B) nogriežņos.

Savukārt egles koksnē augstāko efektivitāti uzrādījuši suspensiju maisījumi TR19+PG382, TR19+PG182 un PG182+PG382. Suspensija ar *T. abietinum* izolātu TR19 un *P. gigantea* izolātu PG182 nodrošinājusi vislabāko efektivitāti pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju – trīs centimetru dziļumā efektivitātei sasniedzot 95% un deviņu centimetru dziļumā 92% (2.2.4. attēls). Citu koksnī kolonizējošo sēņu pievienošana *P. gigantea*, lai veicinātu lielās pergamentsēnes efektivitāti pret *Heterobasidion* spp., konstatēta arī Somijā veiktā pētījumā, kur *P. gigantea* suspensijai pievienota *Chondrostereum purpureum* (Hamberg et al., 2015)

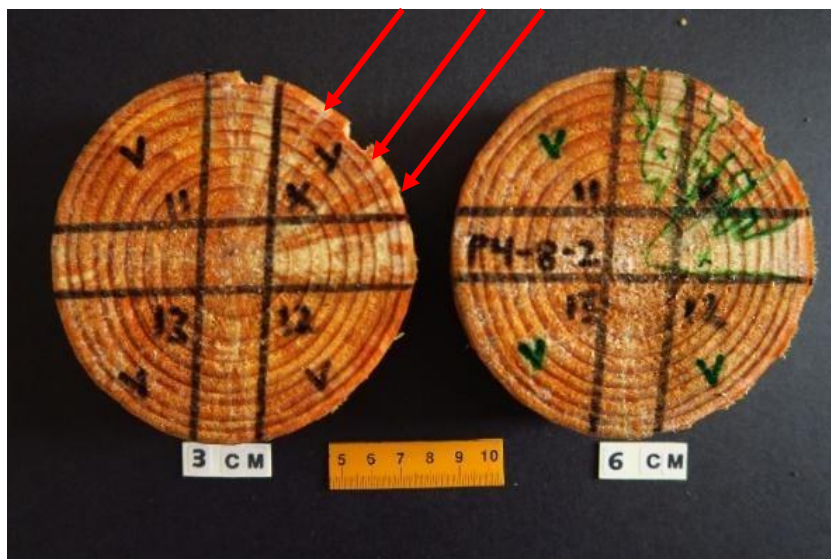


2.2.4. att. Eksperimentā izmantoto suspensiju efektivitāte *Picea abies* koksne trīs un deviņu centimetru dziļumā pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju.

Preparāta “Rotstop” sastāvā esošais *P. gigantea* izolāts uzrādījis salīdzinoši zemus rezultātus, trīs centimetru dziļumā nodrošinot vien 41% efektivitāti un deviņu centimetru dziļumā 62% efektivitāti pret *Heterobasidion* spp. dabisko sporu infekciju. Šāda “Rotstop” samērā zema efektivitāte konstatēta arī atsevišķos Zviedrijā veiktos pētījumos (Berglund et al., 2005), iespējams, tas saistīts ar komerciāli ražotā preparāta suspensijas uzglabāšanas režīmu (no ražotāja līdz piegādei meža apsaimniekotājiem). Tomēr iegūtie rezultāti par “Rotstop” sastāvā esošā izolāta aizņemto laukumu un augšanas ātrumu koksne apstiprina preparāta “Rotstop” efektivitāti skuju koku koksne un tā izmantošanu celmu bioloģiskajai aizsardzībai pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju.

Pārsteidzoši, ka priedes koksne vispār netika konstatēta *Heterobasidion* spp. sporu infekcija. Eksperiments tika ierīkots egļu audzē un, iespējams, ka visi tuvumā esošie *Heterobasidion* spp. auglķermeņi reprezentēja egļu sakņu piepi – *H. parviporum*, kas ir labāk adaptējusies attīstībai egles koksne (Gaitnieks et al., 2020). Arī citu autoru pētījumi (Korhonen, Piri, 1994) liecina, ka egļu celmus pamatā inficē *H. parviporum*. Ekspozētajos egles nogriežņos kontroles sektoros tika konstatēta ļoti spēcīga *Heterobasidion* spp. sporu infekcija. Priežu nogriežņi tika izkārtoti kopā ar egļu nogriežņiem, tāpēc bija sagaidāms, ka arī tie tiks inficēti. Zviedrijā veiktā pētījumā noskaidrots, ka 93% gadījumu priežu celmu saknēs ieaug *H. annosum* priežu sakņu piepe, lai gan sākotnēji celmus inficēja abas *Heterobasidion* spp. sugas (Rönnberg et al., 2006).

Tas, ka priedes nogriežņos netika atrasts *Heterobasidion* spp., varētu būt saistīts ar *P. gigantea* attīstību koksne. Apstrādājot nogriežņus ar *P. gigantea* suspensijām, starp sektoriem tika atstāta demarkācijas zona, tomēr, *P. gigantea* micēlijam augot radiāli, tas varēja ietekmēt *Heterobasidion* spp. attīstību arī kontroles sektorā. Turklāt kontroles sektorā konstatēta dabiskā *P. gigantea*, par ko liecina fragmentēts sēnes izraisītais krāsojums (2.2.5. attēls).



2.2.5. att. *P. gigantea* dabiskās infekcijas izraisītais krāsojums priedes koksnē 3 un 6 cm dziļumā. Demarkācijas zonas kontroles sektorā starp atšķirīgiem izolātiem (dabiskā infekcija 3 cm dziļumā) norādītas ar bultu.

Egļu audzē, kur bija eksponēti nogriežņi, dažādos attālumos (no 20 līdz 200 m) tika konstatēti *P. gigantea* augļķermeņi, kas liecina, ka *P. gigantea* dabiskā infekcija var būtiski ierobežot *Heterobasidion* spp. sporu infekciju priedes koksnē pat pie ļoti spēcīga *Heterobasidion* spp. sporu fona.

P. gigantea izolātu efektivitāti pret *Heterobasidion* spp. nosaka ne tikai augšanas ātrums koksnē un radiāli aizņemtais laukums (raksturojot skuju koku celmu aizsardzību uz celma virsmas), bet arī aizņemtais laukums dziļāk koksnē. Ja *P. gigantea* micēlijs pirmais ieaug dziļāk celmos, tad 1) tiek kolonizēta koksnes daļa, ko potenciāli varētu inficēt *Heterobasidion* spp. un 2) tiek ierobežota *Heterobasidion* spp. micēlija ieaugšana dziļāk saknēs un spēja inficēt tuvāk augošos kokus.

Mūsu 2024. gadā iegūtie rezultāti apstiprina, ka turpmākajos pētījumos, lai izdalītu efektīvākos *P. gigantea* izolātus *Heterobasidion* spp. infekcijas (gan primārās sporu, gan sekundārās - sakņu kontaktu vietā) ierobežošanai ir svarīgi atrast izolātus, kas salīdzinājumā ar “Rotstop”, uzrāda ne tikai lielāku augšanas ātrumu, bet arī aizņemto laukumu dziļāk koksnē. Turklāt izšķiroša ir izolātu attīstība egles koksnē.

2.2.3. Secinājumi

1. Priedes koksnē analizētie *P. gigantea* izolāti aizņem lielāku laukumu un attīstās dziļāk, salīdzinājumā ar egles koksnē.
2. 80-90% no analizētajiem Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolātiem egles koksnē un 50-60% priedes koksnē uzrāda lielāku augšanas ātrumu un aizņemto laukumu, salīdzinājumā ar bioloģiskā preparāta “Rotstop” sastāvā esošo izolātu.
3. *P. gigantea* izolātu “efektivitāti” pret *Heterobasidion* spp. infekciju pamatā raksturo izolāta attīstība egles koksnē – iegūtie rezultāti apstiprina, ka ir iespējams izdalīt vietējās izcelsmes *P. gigantea*, kas var nodrošināt līdzvērtīgu aizsardzību pret *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu infekciju, salīdzinājumā ar bioloģisko preparātu “Rotstop”.

4. *Trichaptum abietinum* suspensiju maisījumā kopā ar *P. gigantea* izolātu paaugstina *P. gigantea* efektivitāti pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju.
5. Priedes koksnē *P. gigantea* dabiskā infekcija nodrošināja 100% aizsardzību pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju.

2.3. Somijā ražotajam līdzeklim “Rotstop” alternatīva preparāta izstrāde

2.3.1. Metodes

Lai ilgtermiņā salīdzinātu *P. gigantea* un jaukto sēņu suspensiju ietekmi uz sakņu piepes attīstību egles koksnē, 2022. gada vasarā MPS Kalsnavas mežu novadā trijos parauglaukumos egļu audzēs ar minerālaugsnēm (150. kvartāla 8. nogabals un 23. nogabals, 229. kvartāla 16. nogabals) kopumā apstrādāti 210 egļu celmi. Apstrādei lietota *Sistotrema brinkmannii* un *Bjerkandera adusta* kombinācijā ar *P. gigantea* izolātu PG182, *S.brinkmannii*, *B. adusta* un PG182 kombinācija. Pēc apstrādes celmi inficēti ar *Heterobasidion* konīdijsporu suspensiju. Ierīkotajos parauglaukumos papildus kontroles egļu celmi apstrādāti ar četru *Heterobasidion* (2HP+2HA) izolātu suspensiju, “Rotstop”, PG182 suspensiju un ūdeni (katrā parauglaukumā 10 celmi) – kontroles variants.

2024. gada augustā apstrādātajiem celmiem nozāģēja augšējo ripu, ko aizmet, bet nākamo, apmēram 2 – 3 cm biezu ripu ievieto polietilēna maisiņā un nogādā laboratorijā divu nedēļu inkubēšanai istabas temperatūrā. No 10 celmiem katrā apstrādes variantā nozāģētas 10 ripas, kas apstrādātas: i) tikai ar četru *Heterobasidion* spp. izolātu suspensiju; ii) ar “Rotstop”; iii) ar *P. gigantea* izolātu PG182; iv) ar ūdeni; v) *Bjerkandera adusta* un PG182 izolātu maisījumu; vi) ar *Sistotrema brinkmannii* un PG182 izolātu maisījumu; vii) *Bjerkandera adusta*, *Sistotrema brinkmannii* un PG182 izolātu maisījumu. Laboratorijā pēc nedēļas novērtē *Heterobasidion* sastopamību, bet pēc divām nedēļām nosaka *P.gigantea* iekrāsoto laukumu uz ripas virsmas.

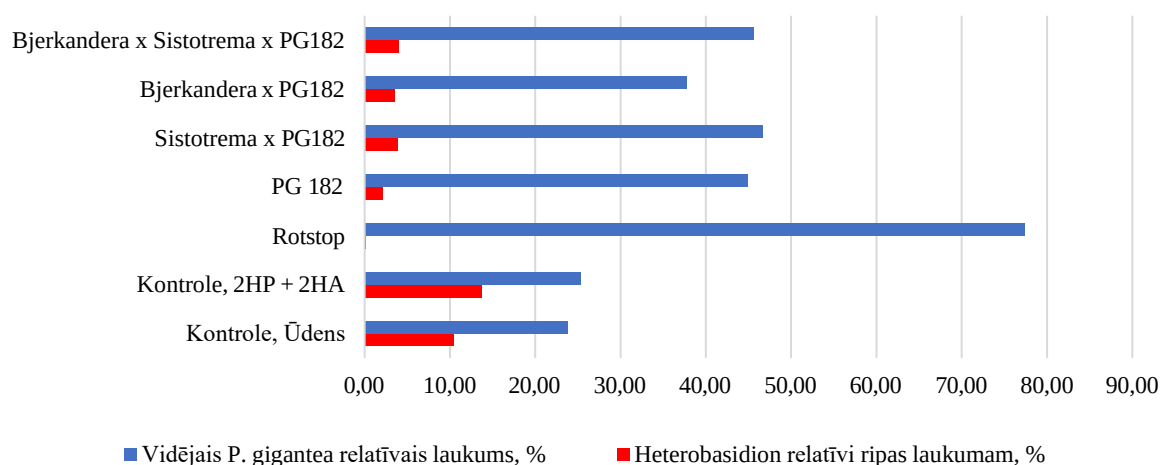
Kopumā no 210 ievāktajām un inkubētajām ripām 50 ripās jeb 23,8% ir konstatēts *Heterobasidion*, bet 136 (64,8%) ripās atzīmēts *P. gigantea* raksturīgais koksnes krāsojums. Starp variantiem vērojams, ka visvairāk ripās *Heterobasidion* konstatēts otrajā kontroles variantā, kur celmi apstrādāti ar četru *Heterobasidion* spp. izolātu suspensiju. Otrajā variantā *Heterobasidion* sastopams 19 ripās jeb 63,3%, taču, šajā variantā samērā daudz ripā sastopama arī *P. gigantea* (2.3.1. tabula). Augstākā *P. gigantea* sastopamība konstatēta 3. variantā, kur celmi apstrādāti ar preparātu “Rotstop”. *Heterobasidion* šajā variantā konstatēts tikai divās ripās (6,6%). Zema *Heterobasidion* sastopamība ripās (6,6%) bija arī variantiem, kur celmus apstrādāja ar PG182 izolātu suspensiju un *S.brinkmannii* kombinācijā ar PG182. Vismazākais skaits ripu, kur konstatēta *P. gigantea* ir pirmajā variantā, kur apstrāde veikta tikai ar ūdeni. *P. gigantea* novērota 11 ripās jeb 36,6%, kas ir salīdzinoši augsts rādītājs un norāda uz augstu dabisko *P. gigantea* sastopamību. Arī *Heterobasidion* sastopamība kontroles variantā ar ūdeni ir augsta (46,6%), līdz ar to var secināt, ka *Heterobasidion* infekcijas fons parauglaukumos ir augsts.

2.3.1. tabula. *Heterobasidion* un *P.gigantea* relatīvā sastopamība variantos.

Varianta Nr.	Variants	<i>Heterobasidion</i> relatīvā sastopamība, (skaits)	<i>P. gigantea</i> relatīvā sastopamība, (skaits)
1	Kontrole, ūdens	46,6% (14)	36,6% (11)
2	Kontrole, 2HP+2HA	63,3% (19)	43,3% (13)

3	“Rotstop”	6,6% (2)	90% (27)
4	PG 182	6,6% (2)	70% (21)
8	<i>Sistotrema</i> x PG182	6,6% (2)	70% (21)
9	<i>Bjerkandera</i> x PG182	20% (6)	70% (21)
10	<i>Bjerkandera</i> x <i>Sistotrema</i> x PG182	16,7% (5)	73,3% (22)

Variāntā, kur celmi apstrādāti ar “Rotstop” preparātu, *Heterobasidion* relatīvais laukums ir ļoti zems (0,2%). *P. gigantea* mazākais laukums konstatēts kontroles variāntā ar ūdeni (23,9%). Lielākais relatīvai *Heterobasidion* laukums konstatēts variāntā, kur celmu apstrāde veikta ar četru *Heterobasidion* (2HP+2HA) izolātu suspensiju, bet arī šajā variāntā konstatēta *P. gigantea*, kas varētu būt pamatojams ar augstu dabisko infekcijas fonu (2.3.1. attēls). Salīdzinot alternatīvās apstrādes suspensijas (PG182, *Sistotrema* x PG182, *Bjerkandera* x PG182, *Bjerkandera* x *Sistotrema* x PG182) ar preparātu “Rotstop” secināts, ka *P. gigantea* relatīvo laukumu būtiski palielina apstrāde ar “Rotstop” ($p < 0,05$).



2.3.1. att. *P. gigantea* un *Heterobasidion* vidēji aizņemtais laukums un sastopamība.

Lai novērtētu *P. gigantea* izolāta PG182 sporu veidošanos un micēlija attīstību ietekmējošos faktorus, sadarbībā ar Koksnes Ķīmijas institūtu ierīkots laboratorijas eksperiments. Lai sagatavotu sējmateriālu, *P. gigantea* micēlijs audzēts šķidrajā 250 ml 15 g/l iesala ekstrakta barotnē, kas ielieta 100 ml Erlenmeyer tipa kolbā, sējmateriālu audzē inkubējot 14 dienas istabas temperatūrā (~23–25 °C), tad micēlija slāni uz šķidruma virsmas un šķidro barotni maisa ar magnētisko maisītāju (MSH-300, Biosan) 1250 rpm, maisīšanu veic 60 min, magnētiskā maisītāja nūjiņas izmērs (L=25 mm d=8 mm). Pēc homogenizēšanas, smalko micēlija suspensiju pārlej sterilā 500 ml kolbā (lielos micēlija agregātus atstāj maisīšanas kolbā). Sējmateriāla daudzums sastāda 1%.

Sējmateriālu jauc 500 ml burkā, kas pildītas ar 200 ml iesala ekstrakta šķidro barotni (15 g/l mikrobioloģiskais vai 25 g/l pārtikas iesala ekstrakts). Eksperimentos izmantotas 18 stikla burkas. Burkas ar micēliju ievietotas divos inkubatoros (Biosan, ES-20), kur uzturēta 28°C temperatūra. (2.3.2. attēls) Darba gaitā tika pārbaudīta micēlija attīstība dažādu tilpumu šķidrajās barotnēs (2 cm, 0,5 cm un 0,7 cm).



2.3.2. att. *P. gigantea* micēlija attīstība stikla burkāš iesala ekstrakta šķidrā barotnē.

Svara novērtēšanai micēliju filtrē caur celulozes filtrpapīru (2.3.3. attēls), atdzesē un izžāvē eksikatorā. Svara mērījumi veikti tikko no eksikatora izņemtiem paraugiem.



A



B

2.3.3. att. Micēlija filtrēšana un žāvēšana. A – filtrēšana; B – izžāvēti micēlija paraugi.

Oīdiju suspensijas sagatavošana un oīdiju skaitīšana

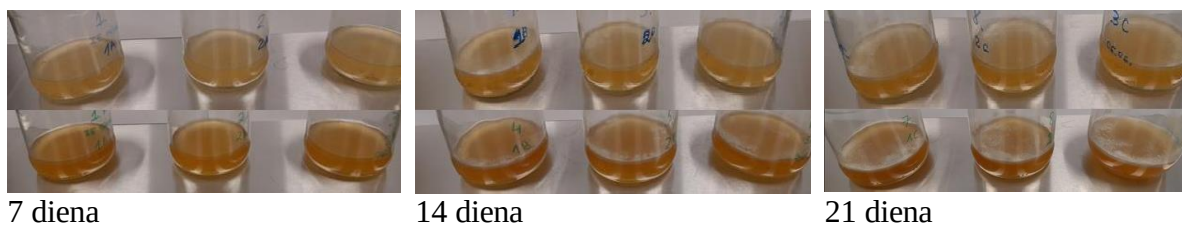
Noteiktu periodu (7, 14, 21 vai 28 dienas) kultivētā parauga burciņai pievieno 60 ml 0.5% tween-80; 0.9% NaCl šķīdumu un 1 pilienu “Antifoam” silicone 20% AC Silicope snapsil RE20 (VWR). Burciņas saturu 15 min maisa maisa magnētiskajā maisītājā (MSH-300, Biosan) ar 1250 rpm, magnētiskā maisītāja nūjiņas izmēri $L=25\text{ mm}$ $d=8\text{ mm}$, homogenizēšanu veic 15 min. Filtrē caur četrkārtīgu marli. Oīdijas skaitītas ar 0,100 mm (kvadrāta laukums $0,0025\text{ mm}^2$) uzlaboto Neubauer šūnu skaitītāju (Assistant).

2.3.2. Rezultāti

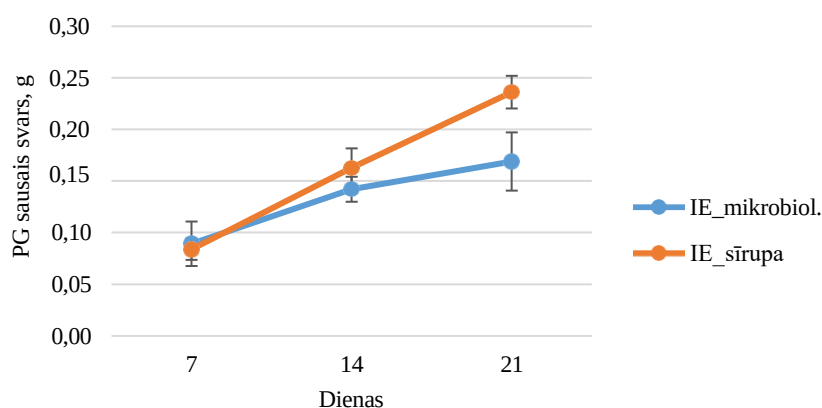
Kopumā veikti četri eksperimenti ar divām variācijām ($18=2 \times 9$). *P. gigantea* micēlija biomasa novērtēta pēc 7, 14 un 21 dienas.

Pirmā eksperimenta barotnes sagatavotas 2024. gada 5. jūnijā. Izmantotas 15 g/l mikrobioloģiskā (IE_mikrobiol) un 25 g/l pārtikas iesala ekstrakta barotnes (IE_sīrupa) 100 ml

daudzumā (barotņu līmenis burciņā 2 cm). Micēlija svaru nosaka 7, 14 un 21 dienā (2.3.4. attēls). Mikrobioloģiskā iesala barotnē augošā micēlija pieaugums – 7d: $0,09 \pm 0,01$ g; 14d: $0,14 \pm 0,02$ g; 21d: $0,17 \pm 0,02$ g. Pārtikas iesala ekstrakta barotnē augošā micēlija svara pieaugums – 7d: $0,08 \pm 0,02$ g; 14d: $0,16 \pm 0,01$ g; 21d: $0,14 \pm 0,03$ g (2.3.5. attēls).

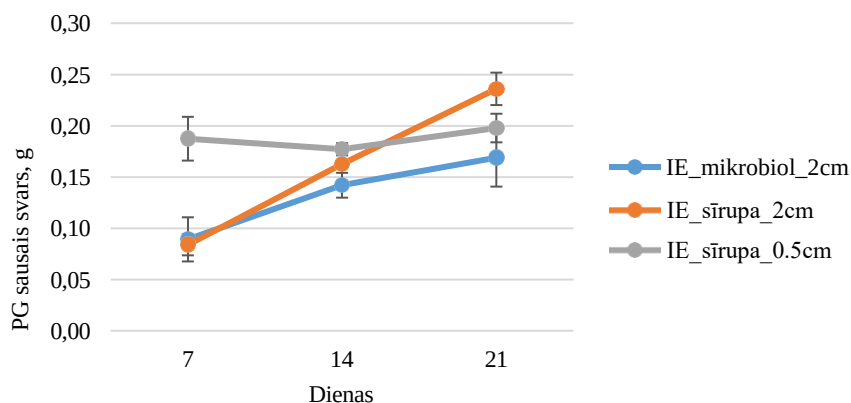


2.3.4. att. Micēlija attīstība kultivācijas dienās. Augšā mikrobioloģiskā iesala barone; apakšā – pārtikas iesala ekstrakta barotne.

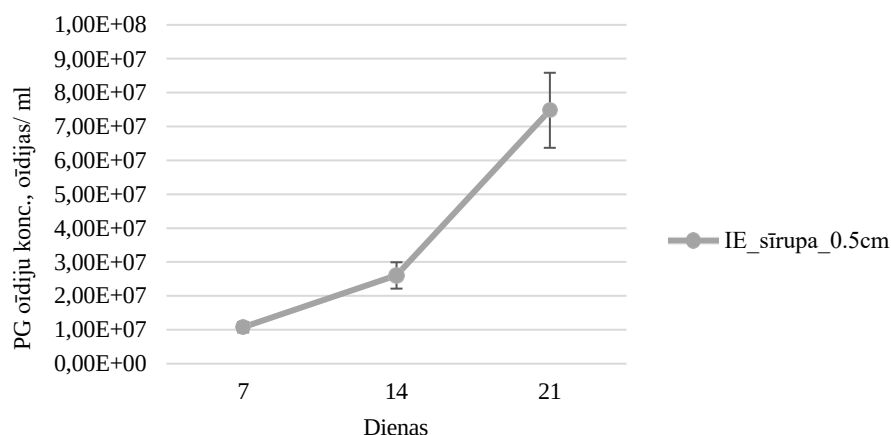


2.3.5. att. PG182 svara pieaugums 1. eksperimentā.

Otrajā eksperimentā, 31. jūlijā sagatavoja 25 g/l pārtikas iesala ekstrakta barotnes, ko burkā pildīja pa 25 ml (barotnes līmenis 0,5 cm). Pēc 7, 14 un 21 dienu inkubēšanas deviņām burkā noteica micēlija svaru, bet vēl deviņām – oīdiju skaitu. Micēlija svara pieaugums – 7d: $0,19 \pm 0,02$ g; 14d: $0,18 \pm 0,01$ g; 21d: $0,20 \pm 0,01$ g (2.3.6. attēls). Oīdiju skaita pieaugums 7d: $1,08 \pm 0,15 \cdot 10^7$ oīdijas/ml; 14d: $2,60 \pm 0,39 \cdot 10^7$ oīdijas/ml; 21d: $7,48 \pm 1,11 \cdot 10^7$ oīdijas/ml (2.3.7. attēls).

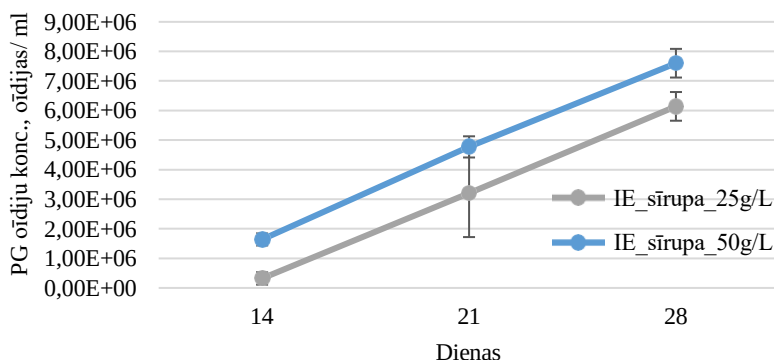


2.3.6. att. PG182 svara pieaugums 2. eksperimentā.



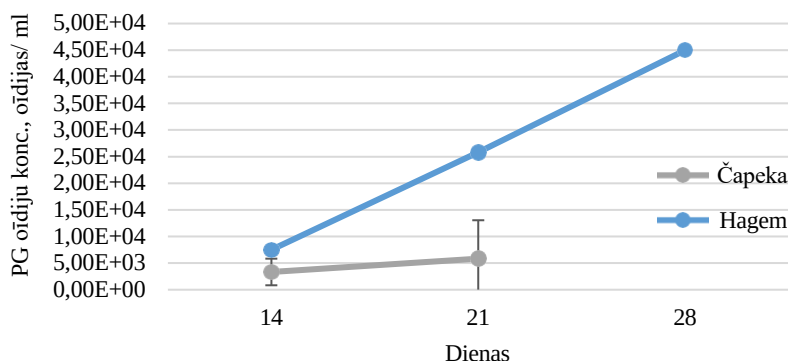
2.3.7. att. PG182 oīdiju skaita pieaugums 2. eksperimentā.

24. septembrī trešajam eksperimentam sagatavoja divu veidu barotnes, pārtikas iesala ekstrakta barotni ar koncentrāciju 25 g/l un koncentrāciju 50 g/l. Abu veidu barotnes pildīja deviņās burkāš līdz 35 ml (0,7 cm) atzīmei. Inkubē 14, 21 un 28 dienas, pēc kurām noteica oīdiju skaitu (2.3.8. attēls) un dīgtspēju (KVV).



2.3.8. att. PG182 Oīdiju skaita pieaugums 3. eksperimentā.

Ceturtajam eksperimentam 12. septembrī sagatavoja divu veidu barotnes. Hagem (Glikoze 5 g/L; NaNO₃ 0,5 g/L; MgSO₄ 0,5g/L; KH₂PO₄ 0,5 g/L; Iesala ekstrakts 5g/L) un Čapeka (Saharoze 30 g/L; NaNO₃ 2 vg/L; KH₂PO₄ 1g/L; MgSO₄ 0,5 g/L; KCl 0,5 g/L; FeSO₄ 0,01 g/L). Barotnes burkāš papildītas pa 35 ml jeb 0,7 cm. Hagem barotes inkubē 14, 21 un 28 dienas, bet Čapeka 14 un 21 dienu, jo 21. dienā secināts, ka oīdiju skaits pieaug pārāk lēni. Pēc noteiktā laika noteica oīdiju skaitu un dīgtspēju (KVV) (2.3.9. attēls).



2.3.9. att. PG182 oīdiju skaita pieaugums 4. eksperimentā.

Micēlija augšanas ātrums pirmajā kultivācijas nedēļā bija vienāds gan izmantojot mikrobioloģisko (15 g/L), gan pārtikas iesala ekstraktu (25 g/L). Otrajā un trešajā kultivācijas nedēļā mikrobioloģiskajā iesala ekstraktā augšanas ātrums samazinājās, bet pārtikas iesala ekstrakta barotnē tas saglabājās iepriekšējā līmenī un rezultējās par 30 % lielākā micēlija sausā svara iznākumā trešajā kultivācijas nedēļā. Tika novērots atšķirīgs micēlija pieauguma ātrums dažādiem šķidruma līmeņiem – 2 cm un 0,5 cm, bet, lai pierādītu būtisku atšķirību, būtu jāierīko atkārtots eksperiments, kur vienā eksperimentā tiek pārbaudīti abi šie parametri. Pārtikas iesala ekstrakts piemērots micēlija un sporu ieguvei, paralēlo eksperimentu rezultātu izkliede nav augsta un ir tuvu mikrobioloģiskā iesala ekstrakta rezultātiem. Novērots, ka šķidruma virsma ātrāk paliek balta (uz tās veidojas micēlijs ar sporām), kad šķidruma līmenis ir mazāks (2 cm → 0,5–0,7 cm). 50 g/L pārtikas iesala ekstrakta barotnē sporu veidošanās norit ātrāk un ar augstāku iznākumu (28 dienās) salīdzinājumā ar 25 g/L pārtikas iesala ekstrakta barotni. Augstākais sporu iznākums – $7\text{--}8 \cdot 10^6$ oīdijas/ml iegūts ar 50 g/L pārtikas iesala ekstrakta barotni 28. dienā. 28. kultivācijas dienā netika konstatēts sporu daudzuma pieauguma ātruma samazinājums (tas bija lineārs vismaz no 2. kultivācijas nedēļas), iespējams, ka, kultivējot ilgāk, būtu iespējams iegūt augstāku sporu koncentrāciju. Hagem un īpaši Čapeka barotnēs sporu iznākumi ir krietni mazāki nekā iesala agara barotnēs.

Turpmākajā darbā paredzēts pārbaudīt dažādu faktoru kā temperatūras un aerācijas ietekmi uz *P. gigantea* micēlija attīstību.

2.3.3. Secinājumi

P. gigantea micēlija audzēšanai, lai nodrošinātu augstāko sporu iznākumu ($7\text{--}8 \cdot 10^6$ oīdijas/ml) piemērotākā ir iesala ekstrakta sīrupa barotne ar koncentrāciju 50 g/L.

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

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

Lai analizētu sakņu piepes un celmenes micēlija attīstību *Larix* spp. koksnē, sadarbībā ar LVMI Silava Selekcijas virziena darbiniekiem atlasīti seši lapegļu stādījumi, kuros 2024. gada rudenī ievākti koksnes paraugi trupi izraisošo sēņu sastopamības novērtēšanai.

3.1.1. Metodes

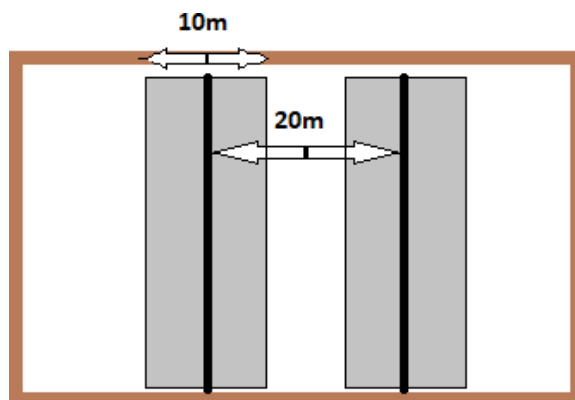
Lauka darbu metodika

Apsektotas sešas audzes vecumā no 50 līdz 57 gadiem ar audzes sastāva formulu 10 Le (3.1.1. tabula).

3.1.1. tabula. Apsektās lapegļu audzes.

Npk.	Audzes ID	Lat	Lon	Plat.	Meža tips	Audzes sastāva formula	Kopšanas cirtes veikāšanas gads
1	406-237-15	57.63314	24.95297	1,61	Vēris	10Le53	0
2	MPS Šķēde 20-14;15	57.24588	22.68281	1,04	Vēris	10Le57	2014
3	607-233-2	56.46976	23.41103	0,49	Damaksnis	10Le52	0
4	509-239-30-0;1	56.39371	24.09394	1,66	Vēris	10Le55	0
5	MPS Auce 21-25	56.46976	23.41103	0,5	Vēris	10Le56	2016
6	411-44-1	57.32581	25.56815	3,41	Damaksnis	10Le56	2017

Audzes apsektotas, ejot pa 10 m platām transektēm, kas atrodas 20 m attālumā viena no otras (3.1.1. attēls). Atkarībā no audzes platības transeksu skaits audzē bija viena līdz piecas lapegles un to kopējais garums audzē 90 – 1170 metri.



3.1.1. att. Audzes apsekošanas shematiskais attēlojums.

Transektēs uzskaitīti visi kalstušie un kalstošie koki. Katrā audzē 20–60 kokiem (atkarībā no audzes platības un simptomātisko koku klātbūtnes) atrakts sakņu kakls un novērtēta *Heterobasidion* augļķermeņu, celmeņu (*Armillaria* sp.) augļķermeņu un rizomorfu vai citu sēņu klātbūtne un bojājumi. Sēņu augļķermeņus un rizomorfas (rizomorfas no 8–11 kokiem audzē) ievāca un ievietoja maisiņā, to marķējot ar audzes atslēgu, transektes numuru un koka numuru.

Katrā audzē no 10 līdz 13 simptomātiskiem (kalstuši, kalstoši vai pie sakņu kakla konstatēti sēņu augļķermeņi vai rizomorfas) kokiem, noņemot mizu, ar Preslera svārpstu no stumbra sakņu kakla līmenī ievāca koksnes paraugu. Koksnes paraugi ievietoti sterilās plastmasas mēģenēs, kas marķētas ar audzes atslēgu, transektes numuru un koka numuru, kā arī atzīmēja, ja kokam atrasti augļķermeņi vai rizomorfas. Pēc katra urbuma veikšanas Preslera svārpstu sterilizēja 70 % spirtā. Koksnes paraugus, sēņu augļķermeņus un rizomorfu paraugus ievietoja aukstuma kastē un nogādāja LVMI Silava.

Laboratorijas darbu metodika

Laboratorijā koksnes paraugu virsma tika sterilizēta spirta lampiņas liesmā un tie tika uzlikti uz sterilas Hagem barotnes Petri traukā, lai iegūtu koksnes sēņu tīrkultūru. Paraugi tika apsekoti ik pēc trim dienām. Visi sēņu micēliji, kas morfoloģiski atšķīrās, tika izgriezti ar sterilu skalpeli un pārnesti uz citu Petri trauku. Kad tika iegūtas visas sēņu tīrkultūras, tās sadalīja grupās pēc morfoloģiskajām pazīmēm, analizējot mikroskopiski. Paraugi no katras morfoloģiskās grupas tika izmantoti sugu noteikšanai ar molekulārajām metodēm. No micēlija tika izdalīta DNS, un, sēņu ITS rajonu sekvenējot ar universālu sēņu specifisku praimeru, tika noteiktas augiem patogēnās un trupi izraisošās sēņu sugas. DNS izdalīšanu un sekvenēšanu veica LVMI Silava Ģenētisko resursu centrā.

Rizomorfu paraugi tika notīrīti. Daļa parauga no viena koka tika sagriezta 0,5 cm garos posmos un ievietota 0,2 ml lielā marķētā mēģenē, un nodota sugas noteikšanai ar molekulārām metodēm LVMI Silava Ģenētisko resursu centrā. Ja parauga apjoms ļāva, atlikušās rizomorfas tika noskalotas un sagrieztas 0,5 cm posmos, pirms tam atdalot melanizēto apvalku. Preparāti uz 1 minūti iegremdēti 70% etanolā, nožāvēti un novietoti uz sterilas Hagem barotnes Petri traukā – 10 rizomorfu posmi vienā platē.

3.1.2. Rezultāti

Literatūras avotos lapegle tiek raksturota kā samērā rezistenta suga pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju (Brūna et al., 2021; Wang et al., 2012.) Tomēr, Zviedrijā veiktā pētījumā, novērtējot divus līdz piecus gadus vecus lapegļu stādījumus stipri inficētā platībā, kur iepriekš augusi egle, atzīmēta ļoti augsta lapegļu stādu inficētība ar *Heterobasidion* spp. (Rönnberg, Vollbrecht, 1999). Iespējams, tas saistīts ar to, ka minētajā stādījumā iepriekšējās paaudzes egļu celmi bija inficēti ar agresīvo *Heterobasidion* spp. sugu *H. annosum* – priežu sakņu piepi. Arī mūsu analizētajā audzē, kur atrastas ar *Heterobasidion* spp. inficētas lapegles vienā gadījumā izdalīts *H. annosum*, šajā audzē no koksnes izdalīta arī *Armillaria* spp. kultūra (3.1.2. tabula). Visos paraugos, nosakot celmenes sugu, konstatēts, ka tā ir *A. cepistipes*.

3.1.2. tabula. Analizētā empīriskā materiāla raksturojums

Audzēs	Pārbaudīto koku skaits	Kaltušo koku skaits	Koku skaits ar <i>Heterobasidion</i> auglķermeņiem	Koku skaits ar <i>Armillaria</i> rizomorfām	Urbumu skaits	No urbuma izolēts <i>Heterobasidion</i>	No urbuma izolēta <i>Armillaria</i>	Rizomorfu paraugu skaits, kas ievākti (noteikti ar molekulārām metodēm)
MPS Šķēde 20-14;15	30	0	0	27	11	0	0	10(10)
406-237-15	30	7	0	27	12	3	2	10(10)
411-44-1-Rauna	60	10	0	51	13	0	0	8(7)
509-239-30-0;1	35	1	1	22	13	0	0	11(5)
607-233-2	20	0	1	19	10	0	0	10(4)
MPS Auce 21-25	30	0	0	29	10	0	0	10(6)

Arī citu autoru pētījumā no lapegles saknēm izdalīta *A. cepistipes* (Lynikiene et al., 2024). Iepriekš minētajā pētījumā netika atrastas ar *Heterobasidion* spp. inficētas lapegles. *A. cepistipes* pamatā tiek raksturota kā saprotrofa suga, tāpēc nav pārsteidzoši, ka sēnes rizomorfas atrastas augsnes virskārtā humusa slāni. Tomēr *A. cepistipes* var būt arī patogēna, ja koki ir novājināti vai pakļauti stresam (Keča, Solheim, 2010). Turpmākajos pētījumos nepieciešams salīdzināt dažādu *Larix* spp. sugu/hibrīdu uzņēmību pret celmeni un sakņu piepi.

3.1.3. Secinājumi

Analizētajās audzēs konstatēta ļoti zema lapegļu inficētība ar *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* sugām.

3.2. Perspektīvāko introducēto koku sugu rezistences pret sakņu trupi novērtējums

Turpmākajiem pētījumiem MPS kokaudzētavā sagatavoti 70 stādi kas reprezentē provenienci Fort Nelson, 24- Pink Mountain un 586- Summit Lake. 2025. gada pavasarī stādi tiks pārstādīti 12 L plastmasas podos, stādu inficēšanai ar *Armillaria*.

4. 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). Tomēr vairāki autori atzīmē, ka dabiskās *P. gigantea* sporu fons ir nepietiekams, lai būtiski ierobežotu *Heterobasidion* spp. sporu infekciju (Pratt et al., 2000; Berglund, Rönnerberg, 2004). Tā kā veikti tikai atsevišķi pētījumi par abu sēņu izplatību celmu saknēs (Żółciak, 2007), mūsu darba mērķis bija novērtēt *P. gigantea* attīstību ar *Heterobasidion* spp. inficētā koksnē, kā arī papildus izvērtēt *Heterobasidion* spp. micēlija saglabāšanos un izplatību.

4.1.1. Metodes

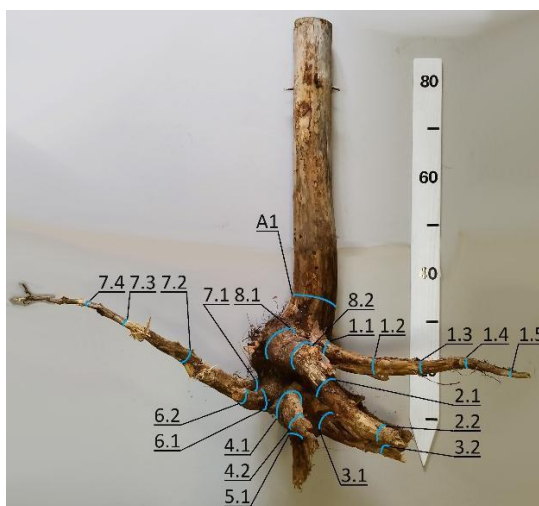
Lai ilgtermiņā novērtētu *P. gigantea* attīstību trupējušā priedes koksnē, 2020. gada augustā ierīkots eksperiments divās priežu audzēs MPS Kalsnavas mežu novadā. Mežaudžu raksturojums atspoguļots 4.1.1. tabulā.

4.1.1. tabula. Eksperimentā iekļauto audžu raksturojums

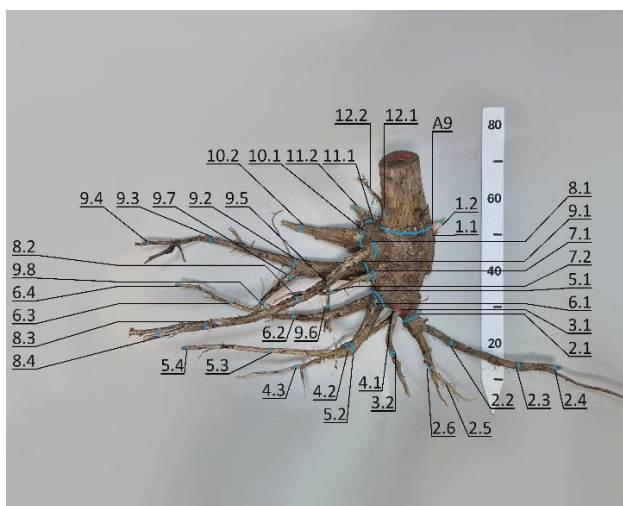
Audze	Kv., nog.	Vecums	Sastāva formula	Meža tips	Platība, ha	2024. gadā analizēto celmu skaits
Saltupes	93, 15	24	10P +B	Lāns	1,04	12
Kandavas 2	193, 1	22	10P	Lāns	1,90	33

2024. gadā atlasīti un nomarkēti, izrakti un laboratorijā analizēti 45 celmi. No tiem 22 bija augstie celmi (50 cm) un 23 – zemie (15 cm) celmi. Abās audzēs tika analizēts līdzīgs augsto un zemo celmu skaits: parauglaukumā Kandavas 16 augstie un 17 zemie celmi, bet parauglaukumā Saltupes 6 celmi no katras augstuma grupas.

Atbilstoši sākotnējiem celmu apstrādes variantiem, deviņi no analizētajiem celmiem bija apstrādāti ar *H. annosum* izolātu (“12 *P. sylvestris*”), kas izdalīts no *P. contorta* (turpmāk tekstā *H. annosum* 1), savukārt septiņpadsmit celmi – ar sakņu piepes izolātu (“V Ma15”), kas izdalīts no *P. sylvestris* (turpmāk tekstā *H. annosum* 2); analizēti arī deviņpadsmit kontroles celmi, kas netika apstrādāti ar *Heterobasidion* spp. suspensiju (6. pielikums). No katra celma sakņu kakla, sakņu resgaļa un dažādos attālumos no saknes pamatnes (atkarībā no saknes garuma un diametra) nozāģētas deviņas līdz 78 ripas (4.1.1. attēls). Pavisam tika ievākti 1259 koksnes paraugi. Laboratorijā ripas nomizotas, nomazgātas zem tekoša krāna ūdens un ievietotas plastmasas maisiņos inkubācijai uz septiņām dienām.



A



B

4.1.1. att. Izraktie celmi no parauglaukuma "Kandavas 2" A – augstais (A1) un B - zemais (A9) ar marķētām paraugu ievākšanas vietām no saknēm.

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

4.1.2. Rezultāti

Parauglaukumā Kandavas analizēti 33 celmi, bet Saltupes – 12 celmi. Kopā tika analizēti 1259 koksnes paraugi (no viena celma 9 – 78 paraugi, vidēji 28), no kuriem 298 paraugos tika konstatēts *H. annosum* micēlijs. Ievāktu celmu/sakņu paraugu diametrs bija robežās no 0,4 cm līdz 45,8 cm. Vidējais paraugu diametrs bija 2,5 cm.

Sakņu piepes jeb *Heterobasidion* micēlijs konstatēts 19 celmiem (7. pielikums) jeb 44% no kopā analizētajiem celmiem – divpadsmit 50 cm augstos celmos un septiņos 15 cm augstos celmos. Ar sakņu piepi bija inficēti 298 sakņu fragmenti jeb 24% no visiem analizētajiem paraugiem – 93 no tiem bija no 15 cm augstiem celmiem, savukārt 205 no 50 cm augstiem celmiem. No inficētajiem celmiem divi nebija sākotnēji apstrādāti ar *Heterobasidion* micēliju, savukārt no apstrādātajiem celmiem *Heterobasidion* micēlijs konstatēts četriem no deviņiem celmiem, kas apstrādāti ar *H. annosum*1 izolātu, un 11 no 15 celmiem, kas apstrādāti ar *H. annosum*2 izolātu. Celmu apstrādei lietotie sakņu piepes izolāti trīs gadus pēc eksperimenta ierīkošanas konstatēti 65% analizēto celmu jeb 17 no 26 apstrādātajiem celmiem. Seši no šiem celmiem bija 15 cm augsti, bet 11 – 50 cm augsti. Desmit ar *H. annosum* micēlija suspensiju apstrādāto celmu sakņu paraugos konstatēts arī cits sakņu piepes micēlijs, kas norāda uz celmu dabisku infekciju analizētajās audzēs. Citiem *H. annosum* izolātiem bija variabls izaugšanas dziļums, gan pie paša sakņu kakla, gan līdz 60 cm dziļumam. 13 no apstrādātajiem celmiem izolāti pēc krustošanas rezultātiem atbilst tā sākotnējam *H. annosum* izolātam. Konstatēts, ka gan 50 cm, gan 15 cm augstus celmus vairāk inficējis ir *H. annosum*2 izolāts – 76%, bet *H. annosum*1 izolāts ir inficējis tikai 33% no apstrādātajiem celmiem. *Heterobasidion* izolāts *H. annosum*1 tika izolēts no 60% 50 cm augstajiem celmiem, bet *H. annosum*2 no 89%. No

visiem apstrādātajiem celmiem vairāk ar *Heterobasidion* inficējušies ir 50 cm augstie celmi – 42%, bet no 15 cm augstajiem celmiem – 23%. *Heterobasidion* spp. micēlija attīstība celmos ietekmē mitruma saturs koksnē. Zemie celmi (15 cm) varēja ātrāk izzūt un patogēna micēlija attīstība tādējādi sākotnēji tika kavēta. Sakņu piepes micēlija attīstība dabiski inficētos celmos ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām, protams, atšķiras no mākslīgās infekcijas ar *Heterobasidion* spp. konīdijsporām. Dabiski inficētos augstajos celmos (50 cm) citām koksnī kolonizējošajām sēnēm (ieskaitot *P. gigantea*) ir lielāka iespēja izkonkurēt *Heterobasidion* spp. kamēr patogēna micēlijs sasniedz sakņu sistēmu. Ja celmi ir inficēti ar *Heterobasidion* spp. konīdijsporām, tad *Heterobasidion* spp. ir ‘priekšrocības’ salīdzinājumā ar *P. gigantea* – sakņu piepe augstajos celmos var ātrāk izveidot lielāku micēlija biomasu un, tādējādi, sekmīgāk izaugt sakņu sistēmā, salīdzinājumā ar augstajiem celmiem.

Maksimālais sakņu piepes izaugšanas dziļums koku saknēs kopumā bija 150 cm (50 cm augstam celmam). 2023. gadā *Heterobasidion* spp. izaugšanas dziļums saknēs bija 1 m, bet 2022. gadā – 80 cm no sakņu kakla.

Lielā pergamentsēne konstatēta tikai vienam (sk. 7. pielikumā) jeb 2% no analizētajiem celmiem. Tā konstatēta tikai vienā sakņu fragmentā no 50 cm augstā celma. Izaugšanas dziļums ir mazāks salīdzinot ar iepriekšējiem gadiem (pagājušajā gadā tas bija 40 cm, bet 2022. gadā – 60 cm). Apstrādājot ar *P. gigantea* celmus, kas inficēti ar *Heterobasidion*, tiek samazināts koksnes daudzums, ko pretējā gadījumā varētu kolonizēt *Heterobasidion*. Attīstoties ‘veselajā’ koksnes daļā, *P. gigantea* izaug dziļāk saknēs un spēj samazināt *Heterobasidion* sekundāro izplatību.

4.1.3. Secinājumi

1. Četrus gadus pēc priežu celmu apstrādes ar *Heterobasidion* spp. konīdijsporu suspensiju, sēnes micēlijs ir sastopams 44% analizēto celmu, savukārt dabiskās lielās pergamentsēnes micēlijs – 2% analizēto celmu.
2. Lielā pergamentsēne (dabiskā infekcija) nevar konkurēt ar *Heterobasidion* spp. micēliju priežu celmos, kas inficēti ar *Heterobasidion* spp. konīdijsporām. Sakņu piepes micēlijs sastopams saknēs pat 150 cm attālumā no sakņu kakla.

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

Lai analizētu *P. gigantea* un *Heterobasidion* augļķermeņu sporulācijas dinamiku, laikā no 2024. gada 25. februāra līdz 28. novembrim 44 reizes veikts izdalīto sporu daudzuma novērtējums VD reģiona Ogres iecirknī un MPS Kalsnavas mežu novadā (4.2.1. tabula). Eksperimentā iekļauti 25 *P. gigantea* un 6 *Heterobasidion* augļķermeņi (4.2.1. attēls). Kopumā izmantoti 308 Petri trauki.



A



B



C



D

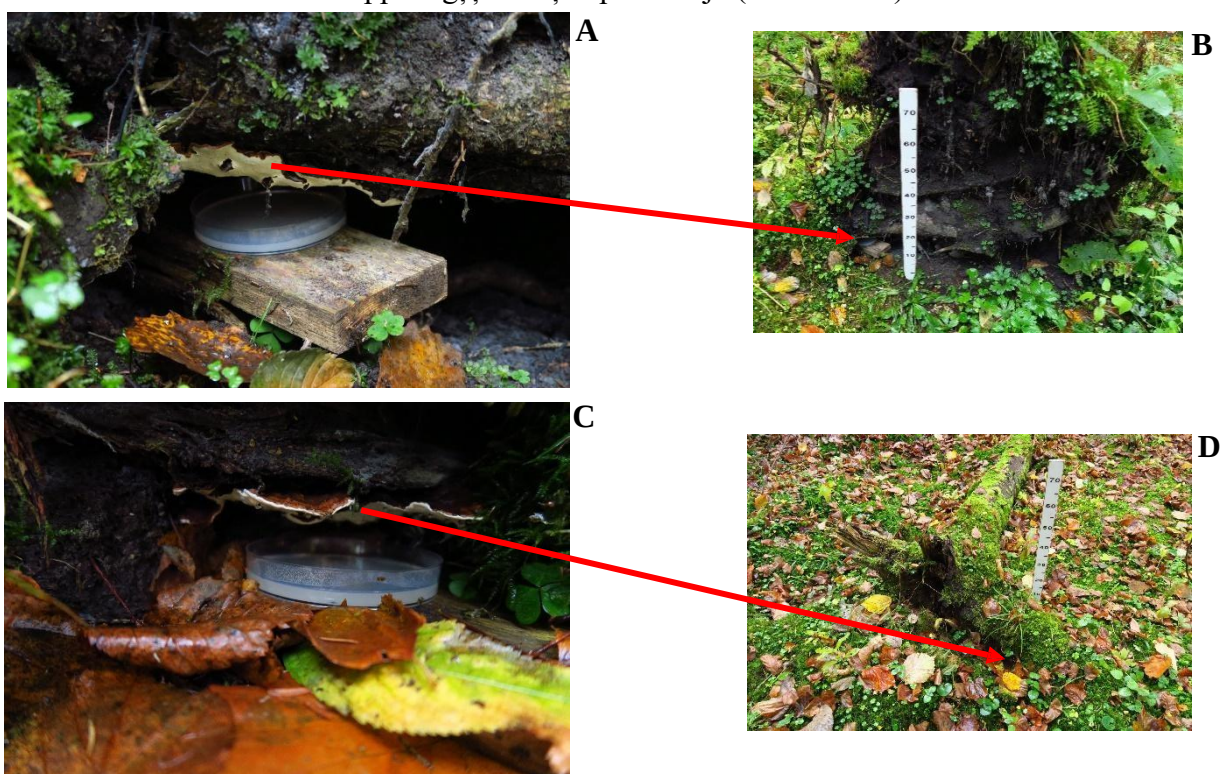
4.2.1. att. *P. gigantea* sporulācijas novērtējums MPS Kalsnavas mežu novada teritorijā un VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā: A – augļķermenis 4B; B – augļķermeņi 1-8A,B; C – augļķermenis PG13-3; D – augļķermenis PG14.

4.2.1. tabula. VD reģiona Ogres iecirkņa un MPS Kalsnavas mežu novada parauglaukumos analizēto *P. gigantea* un *Heterobasidion* augļķermeņu sporulācija.

N.p.k.	Datums	Vieta	Apsekošanas reizē novēroto augļķermeņu skaits	
			<i>Heterobasidion</i>	<i>P.gigantea</i>
1	25.02.2024.	Ogre	3	5
2	4.03.2024.	Ogre		7
3	16.03.2024.	Ogre		7
4	28.03.2024.	Ogre		10
5	29.03.2024.	Kalsnava		3
6	1.04.2024.	Ogre		10

7	7.04.2024.	Kalsnava		3
8	13.04.2024.	Ogre	4	8
9	14.04.2024.	Kalsnava		3
10	17.04.2024.	Ogre	2	3
11	18.04.2024.	Ogre	8	9
12	21.04.2024.	Kalsnava		2
13	26.04.2024.	Ogre	6	6
14	28.04.2024.	Kalsnava		4
15	3.05.2024.	Kalsnava		3
16	4.05.2024.	Ogre	6	5
17	24.05.2024.	Ogre	6	5
18	8.06.2024.	Kalsnava		2
19	9.06.2024.	Ogre	6	9
20	10.06.2024.	Ogre	2	3
21	20.06.2024.	Ogre	5	6
22	21.06.2024.	Kalsnava		3
23	6.07.2024.	Ogre	3	3
24	12.07.2024.	Kalsnava		3
25	19.07.2024.	Ogre	3	2
26	4.08.2024.	Ogre	3	2
27	18.08.2024.	Ogre	3	
28	23.08.2024.	Kalsnava		2
29	1.09.2024.	Ogre	3	5
30	12.09.2024.	Ogre	3	5
31	17.09.2024.	Kalsnava		3
32	26.09.2024.	Ogre	3	7
33	3.10.2024.	Kalsnava		3
34	16.10.2024.	Ogre	2	3
35	21.10.2024.	Ogre	3	6
36	25.10.2024.	Ogre		4
37	27.10.2024.	Kalsnava		2
38	29.10.2024.	Ogre	3	9
39	31.10.2024.	Kalsnava		3
40	10.11.2024.	Ogre	3	14
41	12.11.2024.	Ogre		6
42	13.11.2024.	Ogre	3	3
43	16.11.2024.	Ogre	3	10
44	28.11.2024.	Ogre	3	8

Novērtējot *P. gigantea* sporulāciju, kontrolei vienās un tajās pašās egļu audzēs tika analizēta arī *Heterobasidion* spp. augļķermeņu sporulācija (4.2.2. attēls).



4.2.2. att. A, B –*Heterobasidion* spp. augļķermenis 1.2.; C, D –*Heterobasidion* spp. augļķermenis 1.4.

Heterobasidion un *P. gigantea* mijiedarbība analizēta četros parauglaukumos VD reģiona Ogres iecirknī astoņas reizes sezonā (28. martā, 2. maijā, 20. jūnijā, 8. augustā, 12. septembrī, 9. oktobrī, 25. oktobrī un 12. novembrī). Katrā reizē katrā parauglaukumā izliktas 15 ripas, izmantojot Gonthier et al. (2001) modificētu metodiku; ripas eksponētas 24 stundas (4.2.3. attēls).



4.2.3. att. *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. sporu fona novērtējums egļu audzēs (PL.Nr.1.).

Katrā ekspozīcijas reizē 15 ripas atstātas kontrolei.

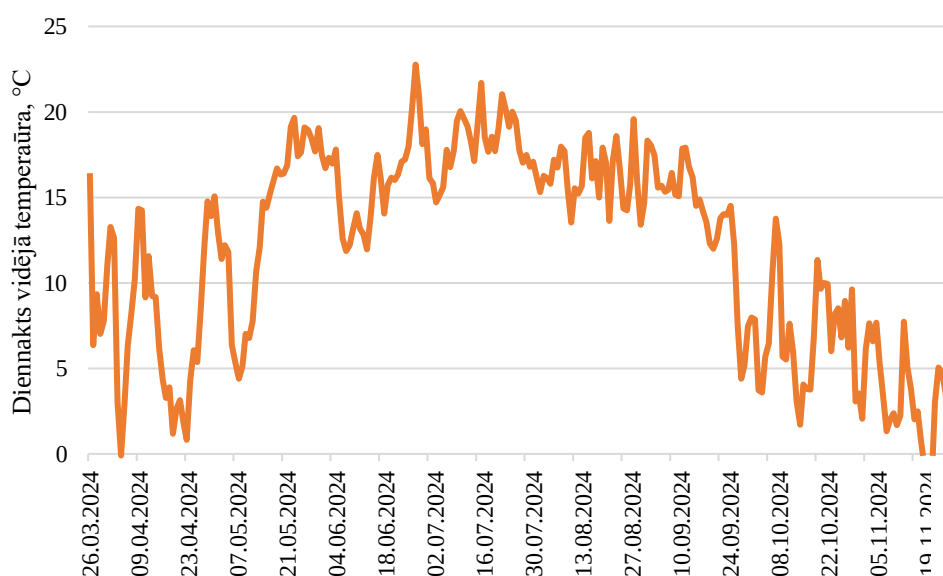
MPS Kalsnavas mežu novada un VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā tika analizēts arī lielās pergamentsēnes sporulācijas gradients (sporu izdalīšanās attālums no augļķermeņiem)

(4.2.2. tabula). Eksperimentā sākotnēji (2. maijā) iekļauti trīs *P. gigantea* auglķermeņi, taču to destruktijas dēļ atkārtoti (20. jūnijā) eksperiments veikts tikai vienam auglķermenim. No auglķermeņiem astoņos virzienos (ziemeļu (Z), ziemeļaustrumu (ZA), austrumu (A), dienvidaustrumu (DA), dienvidu (D), dienvidrietumu (DR), rietumu (R) un ziemeļrietumu (ZR)) 2 – 50 metru attālumā un viena līdz divas zem auglķermeņa izvietotas ripas. Ripas mežā eksponētas 24 stundas.

4.2.2. tabula. VD reģiona Ogres iecirkņa un MPS Kalsnavas mežu novada parauglaukumos sporulācijas gradient novērtēšani analizētās ripas.

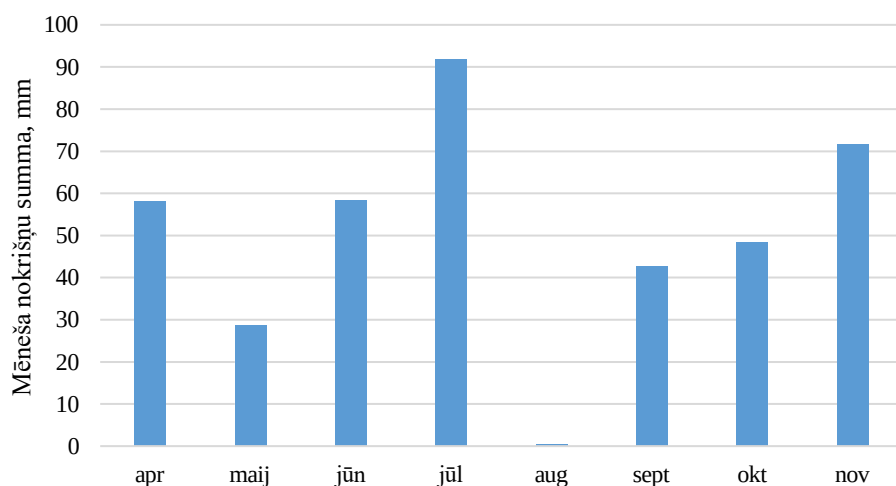
Datums	Vieta	Parauglaukumu skaits	Ripu sk mežā	Ripas kontrolei
02.05.2024	Ogre	2	130	15
02.05.2024	Kalsnava	1	66	15
20.06.2024	Ogre	1	66	15

VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā 501. kvartālapgabala 165. kvartāla 4. nogabalā 2024. gada 25. martā tika izvietota meteostacija iMETOS 3.3 sezonas meteoroloģisko apstākļu (gaisa temperatūra, nokrišņi) raksturošanai (4.2.4. attēls).



4.2.4. att. Diennakts vidējā temperatūra VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā 2024.gadā no 25. marta līdz 30. novembrim.

Nokrišņiem bagātākie mēneši VD reģiona Ogres iecirknī bijuši attiecīgi jūlijs, novembris, aprīlis un jūnijs (4.2.5. attēls), augustā nozīmīgi nokrišņi nav bijuši.



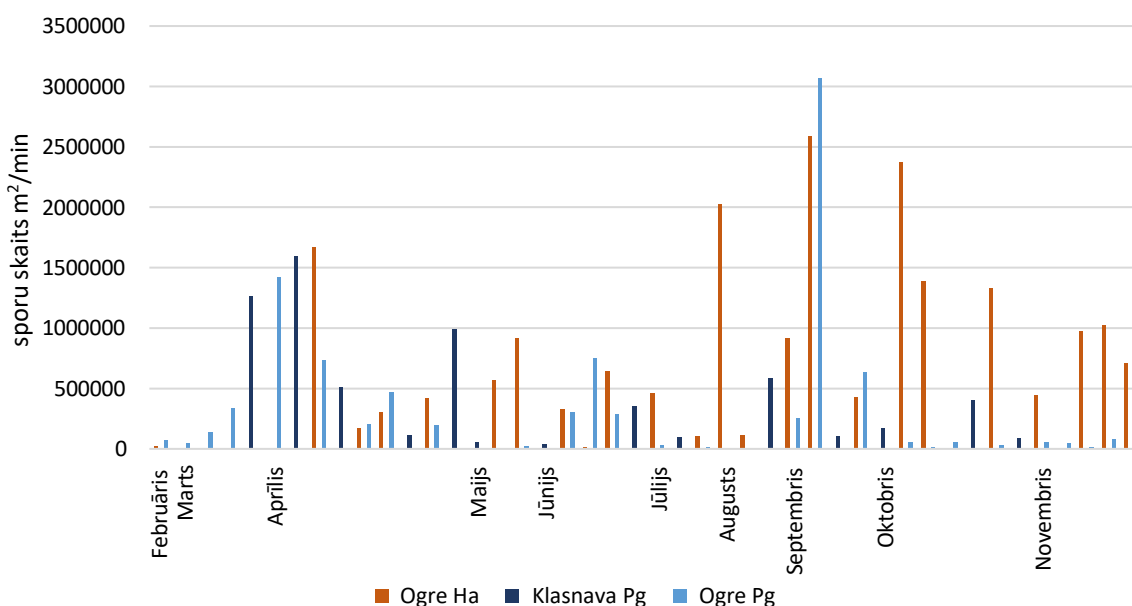
4.2.5. att. Mēneša nokrišņu summa VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā 2024 gadā no 25. marta līdz 30. novembrim.

Par mūsu pētījumos iegūtajiem rezultātiem tika sniegts ziņojums EMN (Eiropas mikologu tīkla) konferencē, Rīgā (13.-15. maijs): “Alien forest pathogens in Latvia and other ongoing research related to forest diseases” un Latvijas Universitātes 82. konferencē (9. februāris), Rīgā: “Fitopatoloģiskie riski saimnieciskajos mežos” (5. pielikums).

4.2.2. Rezultāti

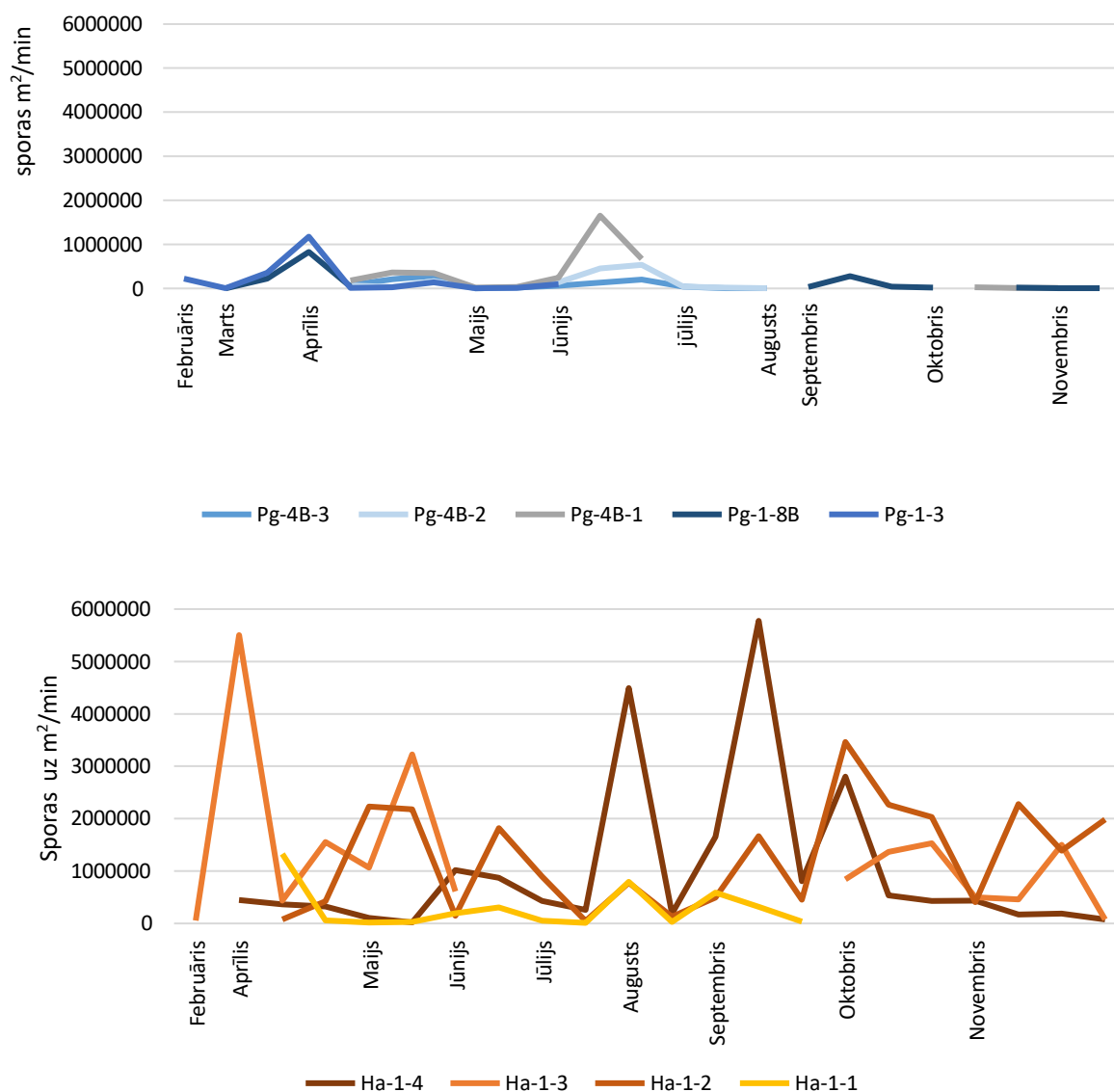
Heterobasidion spp. un *P.gigantea* sporulācijas novērtējums

Iegūtie dati liecina, ka gan *Heterobasidion* spp., gan *P. gigantea* sporulāciju raksturo divi maksimumi: aprīļa un septembra mēnešos (4.2.6. attēls). Aktīva *P. gigantea* sporulācija sākās jau marta mēnesī, taču aktīva *Heterobasidion* spp.sporulācija turpinājās ilgāk rudenī.



4.2.6. att. Vidējais visu eksperimentā iekļauto auglķermeņu sporu skaits uz kvadrātmetru vienā minūtē, atkarībā no auglķermeņa sugas un parauglaukuma grupas (Ogre, Kalsnava) (Ha – *Heterobasidion*; Pg – *P. gigantea*).

Salīdzinot *Heterobasidion* spp. un *P.gigantea* sporulācijas intensitāti, novērots, ka *Heterobasidion* spp. augļķermeņi sezonas laikā izdala vidēji 2,5 reizes vairāk sporu nekā *P.gigantea* augļķermeņi. Vidusdaugavas reģiona Ogres iecirknī iekārtotajos parauglaukumos *Heterobasidion* vidējais izdalītais sporu daudzums sezonā bija 830246 sporas uz kvadrātmētru minūtē un *P.gigantea* vidējais izdalītais sporu daudzums: 325855. Novērtējot atsevišķu augļķermeņu sporulāciju sezonas laikā, secināts, ka sporulācijas intensitāte dažādos laika periodos ir ļoti atšķirīga (4.2.7. attēls).



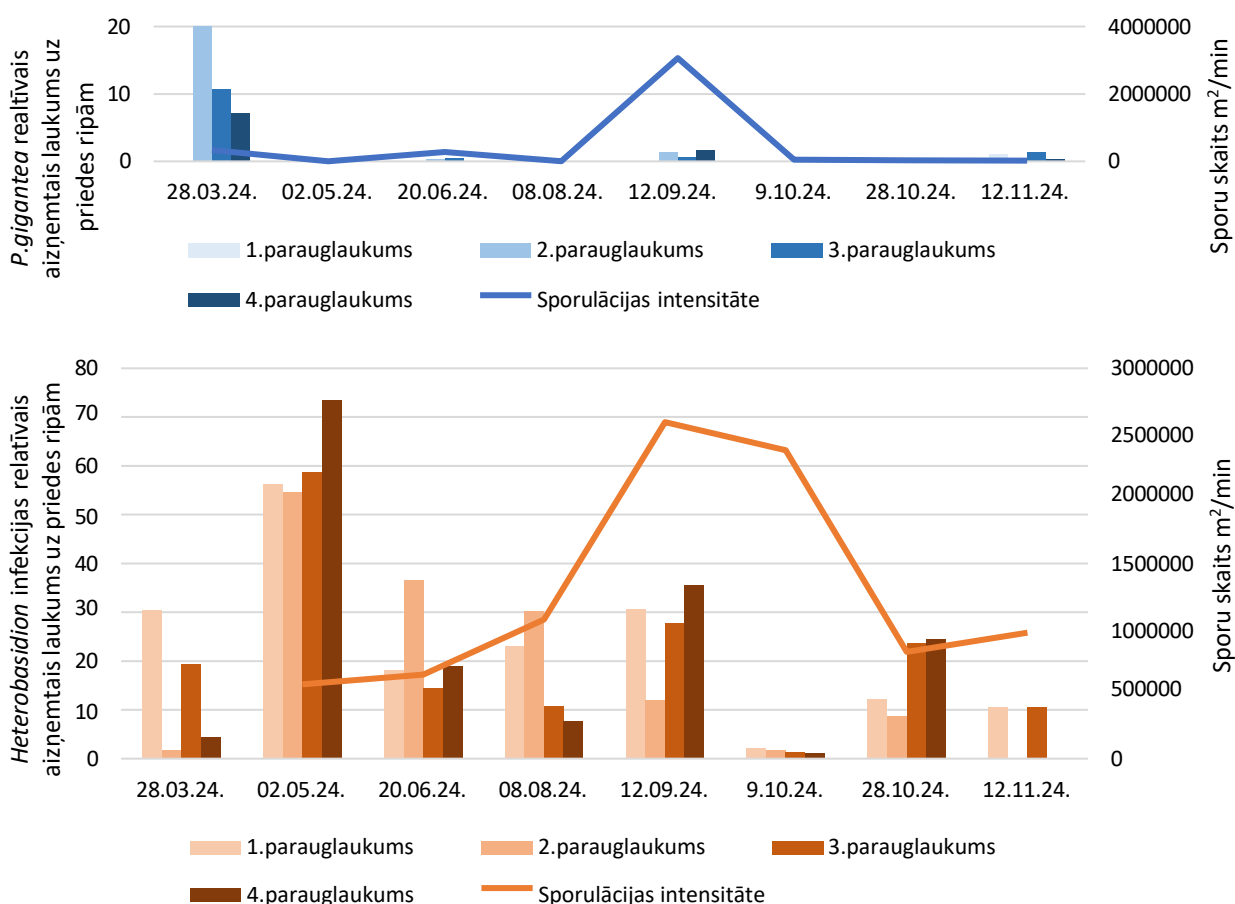
4.2.7. att. *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. augļķermeņu sporulācijas intensitātes dinamika sezonas laikā (Pg – atsevišķi *P. gigantea* augļķermeņi). (Ha – atsevišķi *Heterobasidion* spp. augļķermeņi). Sporulācijas intensitāte uzrādīta augļķermeņiem, ja izdalīto sporu daudzums novērtēts vismaz 10 reizes sezonā.

Dažkārt pēc morfoloģiskajām pazīmēm vitāli *Heterobasidion* spp. augļķermeņi pārstāj sporulēt. Savukārt citi, ja izveidojas jauns sporu izdalītais slānis, var atsākt sporulēt. Līdzīgi, *P. gigantea* augļķermeņi, kas ir daudz jutīgāki pret izžūšanu var atsākt sporulēt pēc lietus

perioda. Tomēr, novērtējot meteoroloģisko faktoru (vidējā diennakts gaisa temperatūra, relatīvais gaisa mitrums un nokrišņu daudzums) ietekmi uz *P. gigantea* augļķermeņu sporulāciju, statistiski būtiska korelācija netika konstatēta.

P. gigantea / *Heterobasidion* spp. sporu infekcijas novērtējums egļu audzēs

Analizējot *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. sporu fonu četrās egļu audzēs (sēņu mijiedarbība novērtēta salīdzinot micēliju aizņemtos laukumus priežu ripās), secināts, ka maija-novembra mēnešos *Heterobasidion* spp. sporu daudzums ievērojami pārsniedz *P. gigantea* sporu daudzumu audzē (4.2.8. attēls). Tikai trīs no izvēlētajām četrām egļu audzēm martā konstatēta intensīva ripu kolonizācija ar *P. gigantea*, kas, iespējams, varētu nodrošināt dabisko aizsardzību pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju.



4.2.8. att. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* visu eksperimentā iekļauto augļķermeņu vidējā relatīvā sporu infekcija uz ripām četros parauglaukumos VD reģiona Ogres iecirknī martā – novembrī un augļķermeņu sporulācijas intensitāte. (Ha – *Heterobasidion*; Pg – *P. gigantea*).

Jāatzīmē, ka visās eksperimentā iekļautajās audzēs (parauglaukumos) samērā tuvu ripu ekspozīcijas vietai (30-45 m) bija konstatēti sporulējoši *Heterobasidion* spp. augļķermeņi. Taču arī *P. gigantea* augļķermeņi 1. parauglaukumā tika atrasti 40-250 m attālumā, 2. parauglaukumā 40-200 m attālumā, bet 3. un 4. parauglaukumā 150-200 m attālumā. Priedes koksne *P. gigantea* attīstās labāk nekā egles koksne, tāpēc eksperimentā izmantoto sliktā ripu inficētība ar *P. gigantea* skaidrojama ar augsto *Heterobasidion* spp. sporu fonu, kas ietekmē *P. gigantea* attīstību koksne (Berglund et al., 2005; Kenigšvalde et al., 2016). Citā pētījumā izvērtējot bioloģiskā preparāta “Rotstop” efektivitāti skuju koku celmos, secināts, ka, lai

nodrošinātu celmu aizsardzību pret *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu infekciju, *P. gigantea* sporu koncentrācijai 10 reizes jāpārsniedz *Heterobasidion* spp. sporu koncentrāciju (Korhonen, 2003).

P. gigantea sporulācijas gradients

Kā liecina mūsu iegūtie dati, noteiktais sporu fons audzē konkrētajos datumos nav izšķirošais faktors eksponēto ripu inficētībai. Sporu izkliedi audzē ietekmē dažādi faktori – vēja stiprums un virziens, biežība, veģetācija, reljefs un citi faktori. Ļoti intensīvā eksponēto ripu kolonizācija ar *P. gigantea* 2. – 4. parauglaukumā martā, iespējams, saistīta ar meteoroloģiskajiem faktoriem – vēja stiprumu, kas varēja nodrošināt *P. gigantea* sporu izkliedi egļu audzēs (4.2.3. tabula).

4.2.3. Meteoroloģiskie apstākļi VD Ogres iecirknī ripu eksponēšanas laikā.

Datums	Gaisa temperatūra, °C			Mitrums, %			Nokrišņi, mm	Vēja ātrums, m/s		Vēja brāzmas max, m/s	Vēja virziens
	avg	max	Min	avg	max	min		avg	max		
28.03.2024	9,34	14,6	4,79	71,31	84,94	51,2	0	0,1	0,5	2,4	A
02.05.2024	12,92	19,34	7,39	56,74	84,25	29,66	0	0,1	0,3	1,6	A
20.06.2024	15,72	22,21	10,31	81,42	99,98	46,23	1,2	0	0,1	1,6	D
08.08.2024	16,75	23,54	10,56	93,06	100	57,64	0	0	0	0,3	ZR
12.09.2024	15,06	20,37	9,53	94,99	100	73,68	3,4	0	0	0,7	ZR
09.10.2024	10,49	12,82	8,28	93,77	100	81,95	6	0	0	1,2	A
28.10.2024	8,52	10,44	6,95	95,24	100	71,68	3,2	0	0,1	0,6	R
12.11.2024	2,03	2,87	1,03	99,97	99,99	99,97	0,6	0	0	0	D

Jāatzīmē, ka *P. gigantea* auglķermenī 2. parauglaukumā, kur ripās konstatēts lielākais sēnes aizņemtais laukums, atrasti 45–60 m attālumā no sporu uzskaites vietas DA virzienā. Vēja ietekmi raksturo arī sporulācijas gradienta novērtējums (4.2.9. attēls 4.2.10. attēls). Analizētajos parauglaukumos, izņemot parauglaukumu Kalsnava, *Heterobasidion* aizņemtais laukums ripās ir lielāks, salīdzinot ar *P. gigantea* aizņemto laukumu (4.2.4. tabula). Tomēr, arī Kalsnavas parauglaukumā lielākais *P. gigantea* aizņemtais laukums konstatēts līdz 10 m attālumam no auglķermeņiem. Iepriekš minētajā parauglaukumā *P. gigantea* aizņemtais laukums ir lielāks, salīdzinājumā ar *Heterobasidion* aizņemto laukumu arī 40-50 m attālumā ZR, DA un ZA virzienos, taču, iespējams, tas ir saistīts ar citu *P. gigantea* auglķermeņu klātbūtni audzē. Arī Ogres parauglaukumā izteikta *P. gigantea* sporulācija konstatēta līdz 10 m attālumam, izņemot DA virzienu. Šajā parauglaukumā arī konstatēts augsts *Heterobasidion* infekcijas fons, kas ir īpaši izteikts 15-50 m attālumā no *P. gigantea* auglķermeņiem. Vidusdaugavas Ogres iecirknī 2. maijā *P. gigantea* infekcija konstatēta tikai atsevišķos analizētajos transektu virzienos uz atsevišķām ripām (8 pielikums) kas skaidrojams ar zemo auglķermeņu sporulācijas aktivitāti šajā laikā (4.2.8. attēls). Iegūtie dati ļauj secināt, ka koksnes substrāta inficētību ar *P. gigantea* ietekmē gan sēnes auglķermeņu lokalizācija audzē, gan vēja virziens. Kopējais *Heterobasidion* sporu fons analizētajās audzēs ir lielāks, tāpēc dabiskā *P. gigantea* siltajā gadalaikā nevar nodrošināt celmu aizsardzību pret *Heterobasidion* spp. sporu infekciju, jo izteikta substrāta kolonizācija ar *P. gigantea* konstatēta tikai auglķermeņu tuvumā.

MPS Kalsnavas mežu novada un VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā analizēts lielās pergamentsēnes sporulācijas gradients (sporu izdalīšanās attālums no augļķermeņiem) (4.2.4. tabula).

4.2.4. tabula. Vidusdaugavas Ogres iecirknī 1. un 4. parauglaukumā un MPS Kalsnava Mežu novada 13. parauglaukumā analizētās ripas.

Datums	Vieta	Ripu skaits mežā (suga)	<i>Heterobasidion</i> sporu infekcijas relatīvais aizņemtais laukums, cm ²	<i>P.gigantea</i> sporu infekcijas relatīvais aizņemtais laukums, cm ²
02.05	Ogre 1Pl	65	46,6	1,4
02.05	Ogre 4Pl	65 (P)	52,5	0
02.05	Kalsnava 13Pl	66 (P)	14,7	22,0
20.06	Ogre 1Pl	66 (P)	27,3	8,8

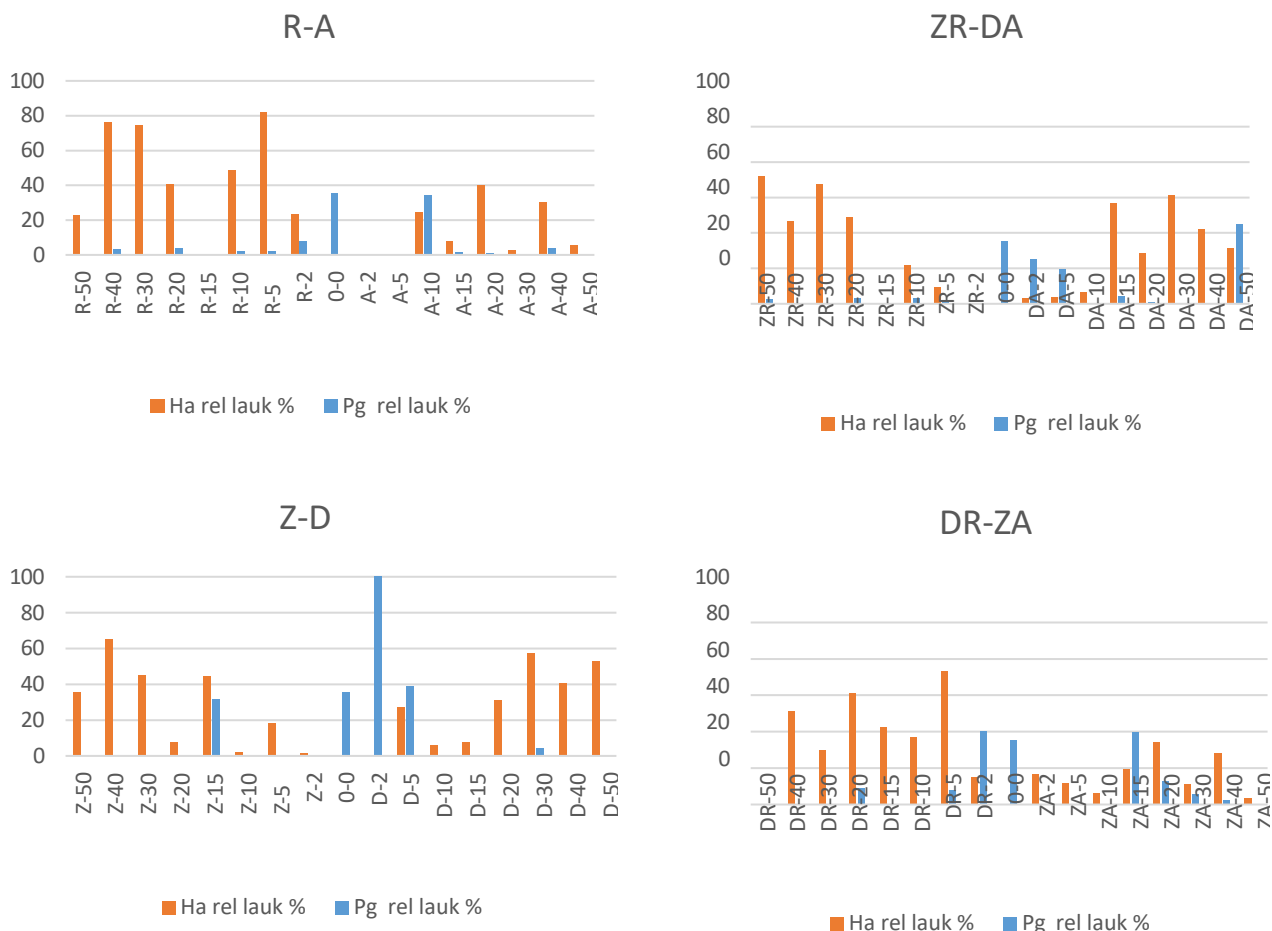
Kalsnavas mežu novadā ierīkotajā parauglaukumā pavasarī tika novērota ļoti maza eksperimentā iekļauto *P. gigantea* augļķermeņu sporulācija, tāpēc turpmāk šis parauglaukums tika izslēgts no eksperimenta. Sākotnēji Ogres iecirknī sporulācija tika novērtēta divos parauglaukumos. Taču vasaras mēnešos konstatējām *P. gigantea* augļķermeņu sporulācijas intensitātes krasu samazināšanos un augļķermeņu destruktiju arī vienā Ogres iecirkņa parauglaukumā. Vēlāk šāda augļķermeņu destruktija atzīmēta arī otrajā Ogres iecirkņa parauglaukumā.



4.2.9. att. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* sporulācijas gradients 2. maijā MPS Kalsnavas parauglaukumā. (y ass – micēlija relatīvā sastopamība % priedes ripās;

x ass – R, A, Z, D, ZR, DA, ZA, DR – analizētie virzieni; 0 ... 50 attālums no *P. gigantea* auglķkermēna metros); Ha – *Heterobasidion*; Pg – *P. gigantea*.

Aktīva *P.gigantea* sporulācija VD Ogres iecirkņā 4. parauglaukumā novērtota arī 20. jūnijā veiktā eksperimenta laikā (4.2.11. attēls), kad *P.gigantea* sporu infekcija konstatēta uz ripām 50 m attālumā no auglķermeņa.



4.2.10. att. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* sporulācijas gradients 20. jūnijā VD Ogres iecirkņā 4. parauglaukumā. (y ass – micēlija relatīvā sastopamība % priedes ripās; x ass – R, A, Z, D, ZR, DA, ZA, DR – analizētie virzieni; 0 ... 50 attālums no *P. gigantea* auglķermeņa metros); Ha – *Heterobasidion*; Pg – *P. gigantea*.

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

4.2.3. Secinājumi

1. *P. gigantea* sporu izdalīšanās maksimums konstatēts pavasara un rudens periodā.
2. Veģetācijas periodā *Heterobasidion* spp. izdalītais sporu daudzums 2,5 reizes pārsniedz *P. gigantea* sporu daudzumu.
3. Analizētajās egļu audzēs martā – novembrī konstatēts augsts *Heterobasidion* spp. sporu fons, tāpēc, veicot mežistrādi, nepieciešams nodrošināt celmu aizsardzību pret sakņu piepes sporu

infekciju.

4.3. *P. gigantea* augļķermeņu attīstības novērtējums egles koksnē

4.3.1. Metodes

Lai novērtētu lielās pergamentsēnes augļķermeņu attīstību trupējušā egles koksnē 2024. gada septembrī/oktobrī ierīkots ilgtermiņa eksperiments. Eksperiments ierīkots VD reģiona Ogres iecirkņa teritorijā egļu audzēs trīs parauglaukumos 501. kvartālapgabala 162. kvartāla 13. nogabalā - 1. parauglaukums, 167. kvartāla 8. nogabalā – 3. parauglaukums un 178. kvartāla 5. nogabalā. - 4. parauglaukums.

Sākotnēji 3. septembrī ar Preslera svārpstu tika pārbaudīta trupes sastopamība, veicot urbumu pie sakņu kakla vairāk kā 40 eglēm. Iegūti koksnes urbumi no 29 eglēm, kur koksnes paraugos konstatētas trupes pazīmes (1. parauglaukums – 7 egles; 3. parauglaukums – 15; 4. parauglaukums - 7). Laboratorijā koksnes paraugi sterilizēti liesmā un inkubēti uz Hagem barotnēm. Iegūtās tīrkultūras nodotas Silavas Ģenētisko resursu centram sugas noteikšanai ar molekulārām metodēm.

Kopumā *Heterobasidion* infekcija konstatēta 13 eglēm. Egles, kam apstiprināta *Heterobasidion* infekcija, 2024. gada 24. oktobrī nozāģētas, atzarotas un stumbri sagarināti 2 m garos nogriežņos (4.3.1. attēls).



4.3.1. att. Egles nogriežņu sagatavošana eksperimentam. A – egles kurām konstatēta *Heterobasidion* spp. infekcija tika marķētas celma augstumā (norāde ar bultu); B – sagatavotie nogriežņi (parauglaukums Nr.3., koks Nr.10.).

Eksperimentā izmantoti 109 stumbra nogriežņi, kas tievgalī caurmērā lielāki par 10 cm (4.3.1. tabula)

4.3.1. tabula. Eksperimentam sagatavotie nogriežņi. Nogriežņu apstrādāšanai izmantots “Rotstop” (R) *P. gigantea* izolāts 182 (P182), *P. gigantea* izolāts 382 (p382), sterils ūdens – kontrole (K)

Paraugl. Nr.	Audzes atslēga	Lat	Lon	Nozāģēto egļu skaits	Apstrādāto stumbra nogriežņu (2 m) skaits	Nogriežņu skaits katrā apstrādes variantā			
						R	PG 182	PG 382	K
1	501-162-13	56.85619	24.75927	5	40	10	11	10	8
3	501-167-8	56.85078	24.80215	3	24	5	6	6	7
4	501-178-5	56.84720	24.80404	5	45	12	11	11	11
Kopā				13	109	27	28	27	26

Nogriežņi raksturoti, uzmērot to caurmēru resgalī un tievgalī, nosakot trapes klātbūtni pēc tai raksturīgā krasojuma un izmērot tās diametru. Katra nogriežņa abi gali ar otas palīdzību pilnībā apstrādāti ar kādu no sporu suspensijām – “Rotstop” (R) *P. gigantea* izolāts 182 (PG182), *P. gigantea* izolāts 382 (PG382) vai sterilu ūdeni kontrolei (4.3.2. attēls).



4.3.2. att. Nogriežņu apstrāde ar *P. gigantea* suspensiju.

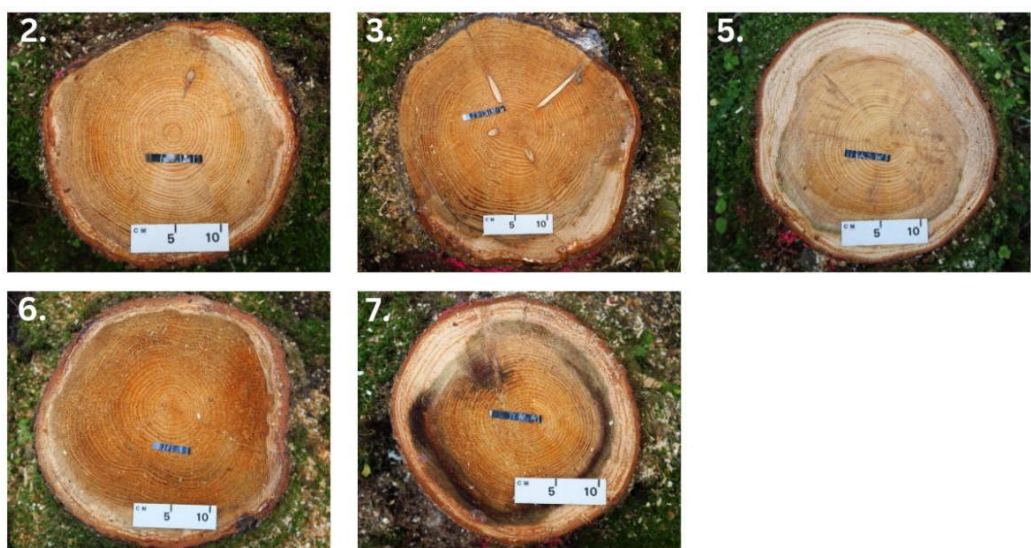
Nogriežņi resgalī marķēti, norādot parauglaukuma numuru, koka numuru, posma numuru un apstrādes veidu. Katrai eksperimentā iekļautajai eglei noteikts trapes izplatīšanās augstums stumbrā (4.3.2. tabula)

4.3.2. tabula. Eksperimentā iekļauto egļu raksturojums.

Npk	Atslēga	PL	Koka nr.	Celma x	Celma y	Celma D, cm	Trupe celmā D, cm	Eksperimentā iekļauto nogr. skaits	Celma apstrāde	Trupes augstums, m
1	501-162-13	1	2	56.85619	24.75927	29,85	25,85	7	PG1 PG182)	14
2	501-162-13	1	3	56.85620	24.75905	38,35	35,40	9	PG1 PG182)	7
3	501-162-13	1	5	56.85657	24.75902	31,45	25,10	9	R (Rotstop)	11
4	501-162-13	1	6	56.85615	24.75896	34,15	30,70	7	R (Rotstop)	9
5	501-162-13	1	7	56.85611	24.75887	30,50	24,15	7	R (Rotstop)	7
6	501-167-8	3	1	56.85086	24.80220	34,15	28,90	9	PG1 PG182)	9
7	501-167-8	3	2	56.85078	24.80215	25,90	21,90	6	PG1 PG182)	7
8	501-167-8	3	7	56.85146	24.80176	35,30	12,50	9	R (Rotstop)	1
9	501-178-5	4	1	56.84657	24.80405	42,20	35,75	10	R (Rotstop)	13
10	501-178-5	4	10	56.84697	24.80382	39,50	32,90	8	PG1 PG182)	13
11	501-178-5	4	12	56.84720	24.80404	38,60	32,85	9	R (Rotstop)	18
12	501-178-5	4	13	56.84700	24.80387	34,30	26,75	9	PG1 PG182)	4
13	501-178-5	4	14	56.84702	24.80386	30,50	25,75	9	PG1 PG182)	7

Eksperimentā tika iekļautas tikai trupējušas egles ar atšķirīgu trupes intensitātes pakāpi uz celma (4.3.3. attēls) un izplatīšanās augstumu stumbrā. Nogriežņi tika atstāti egļu audzēs, lai ilgtermiņa eksperimentā novērtētu *P. gigantea* auglķermēņu attīstību.

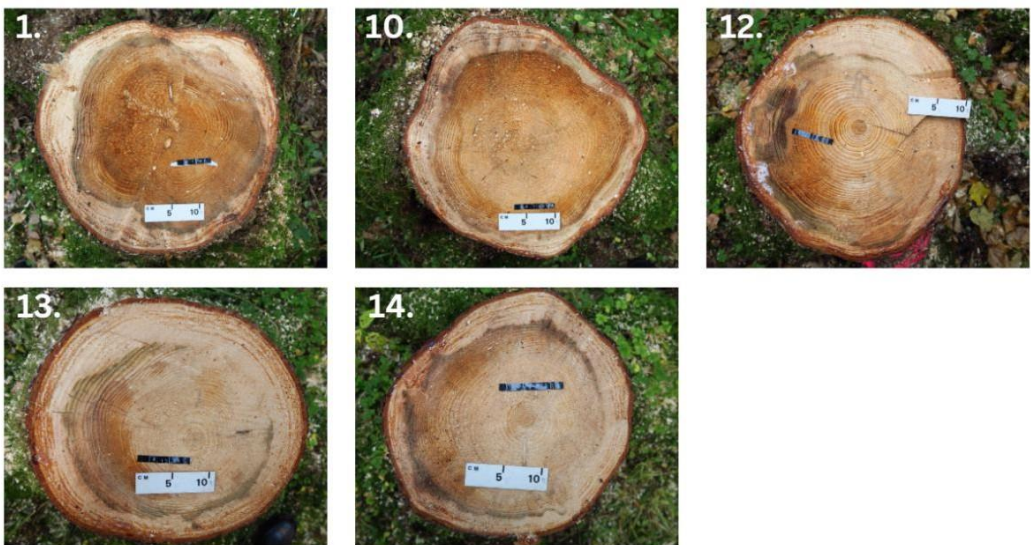
1.parauglaurums



2.parauglaurums



3.parauglaurums



4.3.3. att. Eksperimentā iekļautie egļu celmi (1-14 koka numurs).

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

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

4.4.1. Metodes

Šī uzdevuma kontekstā 2023. gadā atkārtoti apsekots eksperimentālais priežu stādījums MPS Kalsnavas mežu novadā 210. kvartāla 10. nogabalā un divi vidēja vecuma (47 gadi) priežu brīvapputes pēcnācēju stādījumi Zvirgzdē un Bārtā. Šī uzdevuma ietvaros 2024. gada septembrī tika apsekots viens vidēja vecuma (48 gadi) priežu brīvapputes pēcnācēju stādījums Kalsnavā (4.4.1. tabula).

Kā arī tika analizēti dati par sakņu piepes sastopamību un genotipu izplatību eksperimentālajā priežu stādījumā MPS Kalsnavas mežu novada 210. kvartāla 10. nogabalā – tika salīdzinātas 2023. gadā iegūtās sakņu piepes kultūras

4.4.1. tabula. Analizēto parastās priedes provenienču un ģimeņu stādījumu raksturojums

Parauglaukums	Apsekošanas gads	Atrašanās vieta	Vecums, gadi	Platība, ha
Bārta	2023	56.3788, 21.2094	48	3,5
Zvirgzde	2023	56.6794, 24.4369	48	3
Kalsnava 2	2023	56.6838, 25.9940	7	15
Kalsnava 1	2024	56.6744, 25.9599	48	3

Stādījumos Bārtas, Zvirgzdes un Kalsnava 1 parauglaukumos *H. annosum* klātbūtne noteikta, novērtējot koku vainagu stāvokli, kā arī, analizējot auglķermeņu sastopamību un paņemot koksnes paraugus – tika nozāģēti stāvoši vai izgāzti nokaltuši koki un paņemta viena apmēram 3 cm bieza ripa iespējami tuvāk sakņu kaklam. MPS stādījumā Kalsnava 2 veikta paraugu ievākšana, nozāģējot kaltošos kociņus izdalītajos *Heterobasidion* infekcijas centros. Atzīmēta kaltošo kociņu atrašanās vieta, kā arī veiktas piezīmes, vai pie sakņu kakla sastopami sakņu piepes auglķermeņi. No kaltošajiem kokiem paņemtas apmēram 3 cm biezas ripas iespējami tuvāk sakņu kaklam, kā arī ja tika atrasti sakņu piepes auglķermeņi. Ripas nogādātas LVMI Silava, kur veikta paraugu turpmākā analīze.

Laboratorijā koksnes paraugi nomizoti, nomazgāti ar birsti zem tekoša krāna ūdens un ievietoti polietilēna maisos, atstājot maisu galus vaļā, lai nodrošinātu tajos gaisa cirkulāciju, un inkubēti 5–7 dienas istabas temperatūrā. Pēc inkubācijas veikta ripu apskate – izmantojot stereomikroskopu noteikta *Heterobasidion* klātbūtne pēc sēnei raksturīgajām struktūrām – konīdijnesējiem, ko tā veido koksne. Ja uz ripas virsmas konstatētas sakņu piepes konīdijas, tās ar liesmā sterilizētu pinceti pārnestas uz barotnes, lai izdalītu tīrkultūras.

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

No kokiem vienā audzē izdalītās *Heterobasidion* micēlija tīrkultūras tika salīdzinātas savā starpā genotipu noteikšanai (Stenlid, 1985).

4.4.2. Rezultāti

Kopumā analizētajos stādījumos konstatēti 730 kaluši koki (4.4.2. tabula), no kuriem 368 jeb 25% konstatēta sakņu piepes infekcija (inficētie koki veidoja 18% no kalušajiem kokiem Bārtas stādījumā, 38% – Zvirgzdes, 62% – Kalsnava 1 un 53% – Kalsnavas 2). Sakņu piepes micēliju tīrkultūrā izdevies izolēt no 256 paraugiem.

4.4.2. tabula. *Heterobasidion* infekcijas raksturojums 2023. un 2024. gadā analizēto parastās priedes provenienču un ģimeņu stādījumos.

Parauglaukums	Apsekošanas gads	Kalušie koki	Ar <i>Heterobasidion</i> spp inficēti koki	Izdalītās <i>Heterobasidion</i> tīrkultūras
Bārta	2023	49	9	8
Zvirgzde	2023	42	16	15
Kalsnava 2	2023	607	323	215
Kalsnava 1	2024	32	20	18

Eksperimentālajā stādījumā ‘Bārta’ 2023. gadā konstatēti 49 kaluši koki, no kuriem ievāktas koksnes ripas. Devīniem no tiem konstatēta *Heterobasidion* infekcija, un iegūtas astoņas sēnes tīrkultūras. Veicot iegūto *Heterobasidion* izolātu salīdzināšanu, izmantojot somatiskās saderības testu (Stenlid, 1985), noskaidrots, ka tie pieder septiņiem atšķirīgiem genotipiem – viens *Heterobasidion* genotips konstatēts diviem kalušajiem kokiem parcilā “Vla-189”.

Eksperimentālajā stādījumā ‘Zvirgzde’ 2023. gadā konstatēti 42 kaluši koki, no kuriem ievāktas koksnes ripas. No tiem 16 konstatēta *Heterobasidion* infekcija, un iegūtas 15 sēnes tīrkultūras. Veicot iegūto *Heterobasidion* izolātu salīdzināšanu, izmantojot somatiskās saderības testu (Stenlid, 1985), noskaidrots, ka tie pieder 13 atšķirīgiem genotipiem. Viens *Heterobasidion* genotips konstatēts diviem kokiem I-179 parcilē, tāpat vienādi genotipi konstatēti kokam no IV-157 parcilas un IV-172 parcilas

2023. gada rudenī MPS Kalsnavas mežu novada 210. kvartāla 10. nogabalā (eksperimentālais stādījums Kalsnava 2) apsekoti iepriekš izdalītie un kartētie *Heterobasidion* infekcijas centri. Minētajā platībā uzskaitīti visi kalušie koki, tie identificēti saskaņā ar stādījumu shēmu. No kalušajiem kokiem paņemti divi paraugi (koksnes ripas pie stumbra sakņu kakla) turpmākai analīzei. Kopā ievākti paraugi no 607 bojā gājušiem kokiem (uz 221 koka konstatēti *Heterobasidion* augļķermeņi).

Heterobasidion konīdijnesēji konstatēti 222 ievāktajos koksnes ripu paraugos. Kopumā *Heterobasidion* infekcija noteikta 321 kokam (100 – tikai konstatējot konīdijnesējus koksnes paraugos, 99 pēc raksturīgajiem augļķermeņiem uz stumbra virsmas, 122 kokiem novēroti gan *Heterobasidion* augļķermeņi uz stumbra virsmas, gan konīdijnesēji koksnes paraugos). Sēni tīrkultūrā izdevās izdalīt no 184 koksnes ripu paraugiem un 54 augļķermeņiem. Kopumā tīrkultūras iegūtas no 215 kokiem.

Iegūtās tīrkultūras, izmantojot somatiskās saderības testu (Stenlid, 1985), salīdzinātas ar 24 iepriekš infekcijas centros izdalītajām *Heterobasidion* kultūrām, kā arī savā starpā (atbilstoši shēmai koki no tuvākajām pacilām 10 metru radiusā).

Veicot iegūto *Heterobasidion* izolātu salīdzināšanu, noskaidrots, ka tie pieder 145 atšķirīgiem genotipiem, 35 no izolētajām kultūrām (16%) atbilda kādai no 13 iepriekš izolēto kultūru genotipiem.

Konstatēti galvenokārt nelieli genotipi izklausās visā audzē, kas aptver ne vairāk kā vienu – divus inficētus kokus (128 gadījumi), deviņi genotipi aptvēra trīs kokus, pieci genotipi – četrus kokus (četri no šiem genotipiem bija no iepriekš infekcijas centros izolētajiem genotipiem). Viens genotips bija inficējis piecus kokus un viens – astoņus, taču neviens no šiem abiem genotipiem nebija no iepriekšējās paaudzes celmiem izolētiem *Heterobasidion* genotipiem. Iegūtie izolāti saglabāti kolekcijā.

Eksperimentālajā stādījumā Kalsnava 1 kopumā 2024. gadā konstatēti 32 kalnu koki no kuriem ievākti paraugi. *Heterobasidion* infekcija konstatēta 20 kokiem un izdalītas 18 tīrkultūras, kas atbilda 13 atšķirīgiem genotipiem.

Daudzu atsevišķu genotipu (ko veido viens koks) sastopamība liecina par sporu infekcijas dominanci. Mūsu līdzšinējie pētījumu rezultāti ļauj secināt, ka priedes atšķirībā no eglēm pamatā pakļautas *Heterobasidion* spp. sekundārajai infekcijai ar inficētām saknēs sakņu kontaktu un to saaugumu vietās. Tomēr, iegūtie dati priežu eksperimentālajos stādījumos apstiprina arī *Heterobasidion* spp. sporu infekcijas lomu patogēna izplatībā. Visvairāk *Heterobasidion* spp. auglķermeņu, kas nodrošina sporu fonu, veidojas uz tikko kalnu koku priedēm un celmiem. Veicot celmu izstrādi inficētās platībās, tiktu, pirmkārt, ierobežota sakņu infekcija no trupējušiem celmiem, otrkārt, samazināts substrāta daudzums, kas nodrošina *Heterobasidion* spp. auglķermeņu veidošanos.

4.4.3. Secinājumi

1. Apsekotajos stādījumos pamatā konstatēta *Heterobasidion* spp. sporu infekcija, par ko liecina neliels koku skaits genotipos.
2. Ierīkojot priežu stādījumus, ir svarīgi ne tikai samazināt inficēta substrāta daudzumu augsnē, ko iespējams veikt izstrādājot celmus, bet arī samazināt trupējušās koksnes daudzumu, kas nodrošina sakņu piepes auglķermeņu veidošanos.

BIBLIOGRĀFISKAIS SARAKSTS

- Arhipova N., Gaitnieks T., Donis J., Stenlid J., Vasaitis R. (2011). Butt rot incidence, causal fungi, and related yield loss in *Picea abies* stands of Latvia. *Canadian Journal of Forest Research*, 41: 2337–2345.
- Baumgartner K., Coetzee M. P. A., Hoffmeister D. (2011). Secrets of the subterranean pathosystem of *Armillaria*. *Molecular Plant Pathology*, 12 (6): 515–534.
- 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* 34,233-243.
- Berglund, M., Rönnerberg, J., Holmer, L., Stenlid, J. (2005). Comparison of five strains of *Phlebiopsis gigantea* and two *Trichoderma* formulations for treatment against natural *Heterobasidion* spore infections on Norway spruce stumps. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20(1), 12–17. <https://doi.org/10.1080/02827580510008202>.
- Brūna L., Lione G., Kenigšvalde K., Burņeviča N., Zaļuma A., Kļaviņa A., Gaitnieks T., Gonthier P. (2021). Inferences on susceptibility of wood of different tree species to *Heterobasidion annosum* sensu lato primary infections and the range of pathogen spores dispersal. *Forests*, 12, 854. <https://doi.org/10.3390/f12070854>
- Cleary M., 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.
- 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. *Can J For* 52(4):499-510. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2021-0309>.
- Gaitnieks T., Arhipova N., Donis J., Stenlid J., Vasaitis R. (2008). Butt rot incidence and related losses in Latvian *Picea abies* (L.) Karst. stands. – In: Proceedings of 12th International Conference on Root and Butt rots, Berkley, California Medford, Oregon, 12-19 August 2007, 177–179.
- Gaitnieks T., Brūna L., Burņeviča N., Kenigšvalde K., Kļaviņa D., Zaļuma A. (2019). Sakņu trupe eglu audzēs: saimnieciskie zaudējumi, trupi izraisīto sēņu bioloģija un izplatības ierobežošana. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava". Vienvecuma eglu meži Latvijā. Red. Jansons J. Daugavpils: Daugavpils Universitātes Akadēmiskais apgāds "Saule", 153 – 194 lpp.
- Gaitnieks, T., Bruna, L., Zaluma, A., Burnevica, N., Klavina, D., Legzdina, L., Jansons, J., Piri, T. (2020). 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>.
- Gonthier, P., Garbelotto, M., Varese, G. C., Nicolotti, G. (2001). Relative abundance and potential dispersal range of intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed forests. *Canadian Journal of Botany*, 79, 1057–1065.
- Hamberg L, Vartiamaäki H, Hantula J (2015) Breeding Increases the Efficacy of *Chondrostereum purpureum* in the Sprout Control of Birch. *PLoS ONE* 10(2): e0117381. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117381>
- Hanso, S., Korhonen, K., Hanso, M. (1994) Attack of spruce and pine by S and P groups of *Heterobasidion annosum* on forest and former agricultural soils in Estonia. In: M. Johansson and J. Stenlid (eds.). Proceedings of Eighth International Conference on Root and Butt Rots. Part 1. Wik, Sweden and Haikko, Finland. August 9-16, 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, pp. 254-259.

- 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.
- Hintikka V. (1974). Notes on the ecology of *Armillariella mellea* in Finland. *Karstenia*, (14): 12–31.
- Keča, N., Solheim, H. (2010). Ecology and distribution of Armillaria species in Norway. *Forest Pathology*, 41(2), 120–132. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2010.00644.x>.
- Kenigšvalde K., Brauners I., Korhonen K., Zaļuma A., Mihailova A., Gaitnieks T. (2016). Evaluation of the biological control agent Rotstop in controlling the infection of spruce and pine stumps by *Heterobasidion* in Latvia, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31:3, 254–261.
- Kļaviņa D, Lione G, Kenigšvalde K, Pellicciaro M, Muižnieks I, Silbauma L, Jansons J, Gaitnieks T, Gonthier P. (2023) Host-associated Intraspecific Phenotypic Variation in the Saprobic Fungus *Phlebiopsis gigantea*. *Microbial Ecology*. Jan 28. [https://doi: 10.1007/s00248-023-02176-z](https://doi.org/10.1007/s00248-023-02176-z).
- 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.
- Korhonen, K., Holdenrieder, O. (2005). Neue Erkenntnisse über den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s.l.). *Forst und Holz*, 5, 206–211.
- Korhonen, K., Liponen, K., Bendz, M., Johansson, M., Ryen, I., Venn, K., Seiskari, P., Niemi, M. (1994). Control of *Heterobasidion annosum* by stump treatment with ‘Rotstop’, a new commercial formulation of *Phlebiopsis gigantea*. – 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, 675–685.
- Lynikienė, J., Marčiulynas, A., Marčiulynienė, D., Gedminas, A., Mishcherikova, V., Menkis, A. (2024). Diversity and Composition of Belowground Fungal Communities Associated with *Picea abies* L. (H.) Karst. and *Larix* sp. Mill.: A Comparative Study. *Diversity*, 16(3), 160. <https://doi.org/10.3390/d16030160>.
- 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.
- Piri T, Hamberg L. (2015). Persistence and infectivity of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce root residuals following stump harvesting. *For Ecol Manag.* 353:45–58.
- Piri T. (1996). The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology*, 26: 193–204.
- 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., Korhonen K. (2007). Spatial distribution and persistence of *Heterobasidion parviporum* genets on a Norway spruce site. *Forest Pathology*, 37: 1–8.
- Piri T., Korhonen K., Sairanen A. (1990). Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed spruce stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 5: 113–125.
- Piri T., Vainio E.J., Nuorteva H., Hantula J. (2021). High Seedling Mortality of Scots Pine Caused by *Heterobasidion annosum* s.s. *Forests*, 12: 1289.
- Piri T., Valkonen S. (2013). Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 43: 872–877.

- Piri, T. (2003). Early development of root rot in young Norway spruce planted on sites infected by *Heterobasidion* in southern Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 604–611.
- 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.
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- 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., Bruna L., Zaluma A., Kapostiņš R. (2020). *Pinus sylvestris* breeding for resistance against natural infection of the fungus *Heterobasidion annosum*. *Forests*, 11(1): 1–10.
- Rönnberg, J., Petrylaite, E., Nilsson, G., Pratt, J. (2006). Two studies to assess the risk to *Pinus sylvestris* from *Heterobasidion* spp. in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21(5), 405–413.
- Rönnberg, J., Vollbrecht, G. (1999). Early infection by *Heterobasidion annosum* in *Larix x eurolepis* seedlings planted on infested sites. *European Journal of Forest Pathology*, 29(1), 81–86.
- Sahu N., Merényi Z., Bálint B., Kiss B., Sipos G., Owens R. A., Nagy L. G. (2021). Hallmarks of basidiomycete soft- and white-rot in wood-decay-omics data of two *Armillaria* species. *Microorganisms*, 9(1): 149.
- Sipos G., Anderson J. B., Nagy L. G. (2018). *Armillaria*. *Current Biology*, 28(7): 297 – 298.
- Stenlid J. 1985. Population structure of *Heterobasidion annosum* as determined by somatic incompatibility, sexual incompatibility, and isoenzyme patterns. *Canadian Journal of Botany*, 63: 2268–2273.
- Sun H., Korhonen K., Hantula J., Kasanen R. (2009). Variation in properties of *Phlebiopsis gigantea* related to biocontrol against infection by *Heterobasidion* spp. in Norway spruce stumps. *Forest Pathology*, 39, 133–144.
- 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.
- Wang, L.Y., Pålsson, H., Ek, E., Ronnberg, J. (2012). The effect of *Phlebiopsis gigantea* and urea stump treatment against spore infection of *Heterobasidion* spp. on hybrid larch (*Larix × eurolepis*) in southern Sweden. *Forest Pathology*, 42(5), 420–428. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2012.00777.x>.
- Wang, LY., Zhang, J., Drobyshev, I., Cleary, M., Rönnberg, J. (2014). Incidence and impact of root infection by *Heterobasidion* spp., and the justification for preventative silvicultural measures on Scots pine trees: A case study in southern Sweden . *Forest Ecology and Management*, 315, 153–159.
- Webber, J., Thorpe, K. (2003). Potential for biological control of *Heterobasidion annosum* in the UK using Rotstop. In G. Laflamme, J. A. Bérubé, G. Bussi  res (Eds.), *Proceedings of the 10th IUFRO conference on root and butt rots of forest trees* (pp. 221–225). Ottawa, Canada: Canadian Forest Service.
- Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., H  ttermann A. (1998). *Heterobasidion annosum* : biology, ecology, impact, and control. CAB International.
- Za  uma A., Mui  nieks I., Gaitnieks T., Bur  evi  a N., Jansons   ., Jansons J., Stenlid J., Vasaitis R. (2019). Infection and spread of root rot caused by *Heterobasidion* spp. in *Pinus contorta* plantations in Northern Europe: three case studies. *Canadian Journal of Forest Research*, 49(8): 969–977.

- 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 2024. gadā apsektās vidēja vecuma priežu audzes

Nr.p.k.	Audzes atslēga	Apseko- šanas datums	Vecums	Meža tips	Platība, ha	Apseko- to transektu skaits	Kaltušo koku skaits transektēs	Koki ar Heterob. Augļķ.	Koku skaits, kam apstiprināta <i>Heterobasidion</i> infekcija
1	503-459-2	11.07.24.	44	Damaksnis	2,71	3	11	0	2
2	608-11-24	15.07.24.	58	Lāns	0,71	3	3	0	3
3	603-405-14	15.07.24.	55	Damaksnis	1,24	4	24	8	8
4	206-409-18	15.07.24.	57	Mētrājs	2,43	4	6	2	2
5	408-114-10	17.07.24.	51	Lāns	1,77	5	1	0	0
6	405-324-16	17.07.24.	41	Damaksnis	0,55	2	1	1	0
7	405-535-13	17.07.24.	42	Lāns	1,22	4	3	1	2
8	310-179-20	18.07.24.	54	Mētrājs	0,65	2	1	0	0
9	312-26-24	18.07.24.	43	Mētrājs	2,72	4	2	0	0
10	507-312-18	18.07.24.	44	Mētrājs	1,06	5	4	0	3
11	507-94-26	18.07.24.	43	Mētrājs	1,56	5	8	3	2
12	805-259-17	22.07.24.	51	Lāns	1,19	7	4	0	0
13	810-26-41	22.07.24.	45	Lāns	1,29	3	7	2	1
14	809-152-12	22.07.24.	46	Lāns	1,74	4	15	2	5
15	809-314-12	22.07.24.	54	Mētrājs	1,19	4	1	0	1
16	306-14-20	22.07.24.	44	Lāns	0,82	4	2	0	0
17	404-293-23	12.08.24.	48	Mētrājs	1,43	4	2	0	0
18	102-270-16	12.08.24.	50	Sils	2,04	5	6	0	0
19	103-334-9	12.08.24.	60	Sils	1,92	4	13	0	2
20	804-191-5	13.08.24.	49	Mētrājs	1,41	4	2	0	1

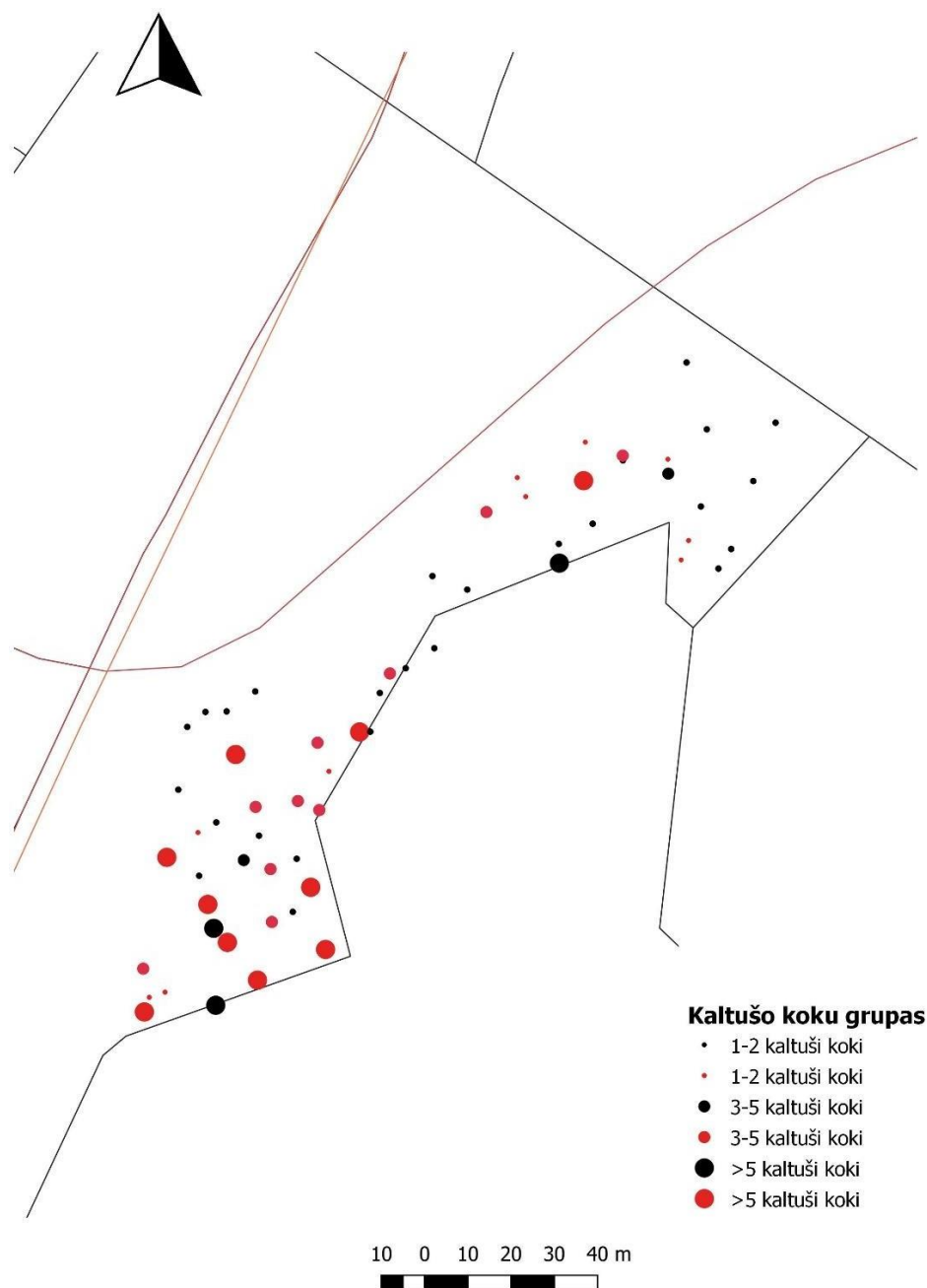
2. pielikums

Kaltušo koku biogrupas priežu jaunaudzēs 503.kvartālapgabala 492. kvartāla 1. nogabalā. Sarkanā krāsā biogrupas, kurās vismaz vienam kokam konstatēti *Heterobasidion* augļķermeņi.



3. pielikums

Kaltušo koku biogrupas priežu jaunaudzē 503.kvartālapgabala 492. kvartāla 2. nogabalā. Sarkanā krāsā biogrupas, kurās vismaz vienam kokam konstatēti *Heterobasidion* augļķermeņi.



4. pielikums

Armillaria sastopamības novērtēšanai 2024. gadā apsektās egļu audzes

Audzes ID	Lat.	Lon.	Platība, ha	MPS mežu novads/LVM iecirknis	Meža tips
116-8	56.43833	22.86321	0,88	Auces mežu novads	Vr
17-27	56.5098	22.94651	1,21	Auces mežu novads	Vr
19-02	56.51045	22.96659	2,30	Auces mežu novads	Vr
39-6	56.47898	22.97018	4,66	Auces mežu novads	Vr
47-21	56.46499	22.9781	1,61	Auces mežu novads	Vr
48-2	56.45437	23.02528	2,00	Auces mežu novads	Ap
30-21	56.72113	23.72443	1,92	Jelgavas mežu novads	As
30-05	56.72186	23.72436	1,12	Jelgavas mežu novads	As
42-19	56.71533	23.75273	1,76	Jelgavas mežu novads	As
42-2	56.71839	23.74841	1,48	Jelgavas mežu novads	As
42-20	56.71418	23.7529	1,78	Jelgavas mežu novads	As
85-21	56.67812	23.8154	0,95	Jelgavas mežu novads	As
88-18;21	56.67993	23.80395	1,52	Jelgavas mežu novads	As
89-5	56.67705	23.80806	1,23	Jelgavas mežu novads	Dm
53-16	57.33197	26.05453	0,63	Mežoles mežu novads	Dm
53-22	57.3325	26.05637	0,67	Mežoles mežu novads	Vr
303-109-5	56.37792	25.39672	1,81	Viesītes iecirknis	Dm
303-89-15	56.38212	25.39818	1,00	Viesītes iecirknis	Am
303-89-21	56.38145	25.39959	1,82	Viesītes iecirknis	Dm
303-108-6	56.37759	25.39160	1,21	Viesītes iecirknis	Dms

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
BOTĀNIKAS UN EKOLOĢIJAS KATEDRA

**CELMENŲ *ARMILLARIA* (FRIES) STAUDE SPP.
RIZOMORFU ATTĪSTĪBA PARASTO EGĻU
PICEA ABIES (L.) KARST. MEŽOS KŪDREŅOS**

MAĢISTRA DARBS

Autors: Katrīna Smeltere
Stud. apl. Nr.: ks19096
Darba vadītāja: Dr. biol. Dārta Kļaviņa
Konsultants: Dr. silv. Tālis Gaitnieks

RĪGA 2024

2. MATERIĀLI UN METODES

Darbs izstrādāts Latvijas Valsts mežzinātnes institūtā „Silava” (LVMI Silava) pētījuma “Kordas veidojošās bazīdijsēnes: to izmatošanas iespējas sakņu trupes ierobežošanā mežos ar kūdņas augsniem” (Meža nozares kompetences centrs) un pētījumu programmas “Sakņu trupes bojājumu risku mazināšana un tās ietekmes izpēte” (Akciju sabiedrība (AS) “Latvijas valsts meži”; Līguma nr. 5-5.9.1_007q_101_21_79) ietvaros. Pētījuma eksperimentālā darbība veikta no 2022. gada jūnija līdz 2023. gada oktobrim.

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
BOTĀNIKAS UN EKOLOĢIJAS KATEDRA

EGĻU VIOLETPIEPES
TRICHAPTUM ABIETINUM (DICKS.) RYVARDEN ANTAGONISMS
PRET SAKŅU PIEPI *HETEROBASIDION* SPP.

BAKALAURA DARBS

Autors: Keitlīna Krastiņa
Stud. apl. nr. lk21164
Darba vadītāji: Dr. silv. Tālis Gaitmīeks
Dr. biol. Egita Zviedre

RĪGA 2024

2. MATERIĀLI UN METODES

Darbs izstrādāts Latvijas Valsts mežzinātnes institūta "Silava" Meža fitopatoloģijas un mikoloģijas nodaļā, AS "Latvijas valsts meži" pētījumu programmas "Sakņu trapes bojājumu risku mazināšana un tās ietekmes izpēte" (Līguma nr. 5-5.9.1_007q_101_21_79) ietvaros. Pētījuma eksperimentālā darbība veikta no 2023. gada maija līdz 2023. gada decembrim.

Alien forest pathogens in Latvia and other ongoing research related to forest diseases

Dārta Kļaviņa, Keitlīna Krastiņa, Annija Auniņa, Zane Striķe, Zane Saule, Jānis Lekavičs, Tālis Gaitnieks

EMN meeting, Riga 14.05.2024.



Thank you!



- JSC Latvian State Forests research programs «Investigation of the impact of root rot and reducing risks caused by root rot» (No. 5-5.9.1_007q_101_21_79) and «Study of future phytopathological risks» (No. 5-5.9.1_007f_101_21_69).
- Forest Sector Competence Center project "The use of chord forming basidiomycetes in limiting the spread of root and butt rot in forests on peat soils". (No. 5.1.1.2.i.0/1/22/A/CFLA/007/P12).





Fitopatoloģiskie riski saimnieciskajos mežos



Dr. biol. Dārta Kļaviņa
LVMI Silava vadošā pētniece
LZA korespondētājlocekle



Paldies par uzmanību!

- LVM finansētās pētījumu programmas «Sakņu trapes bojājumu risku mazināšana un tās ietekmes izpēte» (Līguma nr. 5-5.9.1_007q_101_21_79) un «Nākotnes fitopatoloģisko risku izpēte» (Līguma nr. 5-5.9.1_007f_101_21_69).
- MNKC pētījums «Kordas veidojošās bazijsēnes: to izmantošanas iespējas sakņu trapes ierobežošanā mežos ar kūdras augsniem».
- ERAF finansēts pētījums "Sakņu trapes ierobežošana, izmantojot Latvijas izcelsmes sēņu izolātus" (projekta nr. 1.1.1.1/20/A/095).



POTENTIAL OF *HYPHOLOMA* SPP. TO IMPROVE EFFICACY OF *PHLEBIOPSIS GIGANTEA* AGAINST *HETEROBASIDION* ROOT ROT

Dita Kļaviņa¹, Jan Sterlids², Guglielmo Lione³, Kristīne Kenigsvalde¹, Laura Silbana², Martin Pelliccari³, Kristīna Krastiņa¹, Līda Rudzīte¹, Tālis Gudrīns¹, Paolo Gonthier³

¹ Latvian State Forest Research Institute Silvā, Rīgas 111, Salaspils LV 2169, Latvia;

² Department of Forest Mycology and Plant Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 7026, SE-750 07 Uppsala, Sweden;

³ Department of Agricultural, Forest and Food Sciences (DIS-ATF), University of Torino, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco, Italy.

Root rot caused by *Heterobasidion* spp. inflicts significant damage on conifer stands. To control the spread of *Heterobasidion* spp. Rotstop® – a commercial biological preparation containing *Phlebiopsis gigantea*, is extensively used to treat conifer stumps in Latvia and across Central and Northern Europe. Using single *P. gigantea* strain, in long term, may negatively affect the biodiversity of other stump-colonizing fungi. Previous experiments have demonstrated the antagonistic effects of *Hypholoma* spp. against *Heterobasidion* spp. Nevertheless, the knowledge of efficacy of individual isolates and mixed suspensions of these fungi in wood of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* and peat soil is limited.

Materials and methods

The antagonistic ability of *Phlebiopsis gigantea* and *Hypholoma* sp. against *Heterobasidion* spp. was evaluated in two field experiments:

1. *Heterobasidion* basidiospore infection in wood discs and log pieces of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*.
2. *Heterobasidion* conidiospore infection in stumps of *P. abies*.

The competitiveness of *Hypholoma* spp. against *Heterobasidion* spp. and *Armillaria* spp. was assessed in peat soil under laboratory conditions. Fresh Norway spruce wood pieces, autoclaved and inoculated with the fungal strains, were placed in Petri plates on sterile and non-sterile peat soil and incubated. Mycelial displacement was evaluated post-incubation.

Results and discussion

- Efficacy of individual *P. gigantea* isolates against *Heterobasidion* spp. was higher comparing *Hypholoma* sp. isolates in *P. abies* and *P. sylvestris* (Table 1).
- The origin and wood surface colonization rate of *P. gigantea* isolate have a significant effect on the efficacy of mixed suspension against *Heterobasidion* spp. in wood discs, but not in stumps (Figure 1).
- Treatment with *Hypholoma* spp. isolates had no negative effects on the natural *P. gigantea* establishment and spread.

Table 1. Efficacy of *Phlebiopsis gigantea* and *Hypholoma* sp. in log pieces.

Treatment	Mean efficacy, %					
	in depth of					
	4 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	Mean
Control (H ₂ O)	0	-	0	0	0	0
Rotstop	100	-	100	84	63	79
PG 382	100	-	100	100	100	100
<i>H. capnoides</i>	0	-	0	2	30	0
<i>H. fasciculare</i>	100	-	0	45	13	18

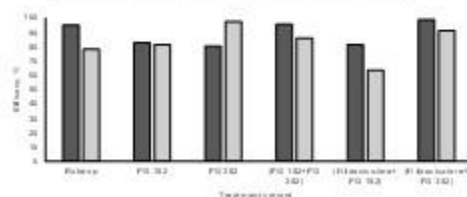


Figure 1. Efficacy against *Heterobasidion* spp. conidiospore infection in stumps. Dark grey color indicates the first disc of the stump, light grey color indicates the second disc.



- In wood pieces in peat soil, *Hypholoma fasciculare* exhibit strong competitive ability (replaces the pathogen mycelia in the wood) against *A. cegistipes* and *H. parvigorum* and could be promising candidates for biological control in forest management.

- *Hypholoma fasciculare* and *H. annosum* showed an antagonistic reaction (*H. annosum* was not replaced in the wood substrate).

- *H. capnoides* did not exhibit significant mycelial displacement against any of the tested pathogens.



*Correspondence:
Latvian State Forest Research
Institute Silvā, Rīgas 111,
Salaspils, LV 2169, Latvia;
dita.klavina@silva.lv

This study was supported by the JSC Latvian State Forests project No. 5-5.9.1.007q_101_21_79, "Investigation of the impact of root rot and reducing risks caused by root rot" and ERDF within the framework of the project "Forest Sector Competence Centre of Latvia" (Contract No. 5.1.1.2.4/01/22/ACFLA/007 "Coed-forming basidiomycetes: possibilities of their use in limiting root rot in forests on peat soils").



OCCURENCE OF *ARMILLARIA* RHIZOMORPHS IN PEAT SOILS

Lauma Silhama¹, Dāta Klavina¹, Tunde Piri², Katriina Smeltere², Kaipars Polmanis², Andis Lankijs², Jurgis Jansons¹, Tiliis Gaitnieks¹

¹ Latvian State Forest Research Institute Silava, Rīgas 111, Salaspils LV 2169, Latvia;

² Natural Resources Institute Finland ILRI, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, Finland.

Heterobasidion and *Armillaria* spp. are the most important root-rot-causing pathogens of conifers. *Armillaria* species primary spread by rhizomorphs and occasionally can cause severe economic losses in spruce stands. High incidence of *Heterobasidion* root rot has been observed in some spruce stands on peat soils in Latvia whereas the prevalence of *Armillaria* sp. in peat soils is largely unknown. The aim of the study was to assess the presence and extent of *Armillaria* rhizomorphs in *Heterobasidion* infected Norway spruce stands on peat soils.

Material and methods

- **Sample collection:** soil samples were collected in seven Norway spruce stands on peat soils using a cylinder. In each stand, 15 samples were taken in a row, spaced 1 meter apart. After sample collection, pits were filled with sawdust to evaluate future rhizomorph formation potential.
- **Rhizomorph sorting and measurement:** out of 105 soil samples, 70 contained rhizomorphs. Samples were scanned and measured using the program WinRhizo.
- **Species identification:** for DNA extraction and detection CTAB method was used, species were detected using species-specific primers.

Results and discussion

- The study reveals significant insights into the distribution and extent of *Armillaria* rhizomorphs. Our findings indicate a substantial presence of *Armillaria* species, particularly *Armillaria cepistipes* (84.3% of the samples) and *Armillaria borealis* (31.4%), in the sampled soils. Some samples exhibiting both species.
- The total length of rhizomorphs varied significantly among the samples, ranging from 2.3 to 384.0 cm, average 44.3 cm per sample (volume: 2355 cm³). On a larger scale, the average total length of rhizomorphs was calculated to be 5.1 m per square meter of soil at a 30 cm depth. This substantial presence of rhizomorphs in peat soils suggests that these conditions are conducive to *Armillaria* development.

Conclusion

- Given the role of *Armillaria* spp. as root-rot pathogen, their extensive distribution in these forests favors a potential threat to the health and stability of Norway spruce stands. This study underscores the need for ongoing monitoring and management strategies to mitigate the impact of *Armillaria* infections. Future research should focus on the ecological interactions between these pathogens and their environment. *Armillaria* species interactions with other basidiomycetes, particularly *Heterobasidion* spp., should also be looked into.



Spruce stands heavily infected with *Armillaria* and *Heterobasidion* on peat soils.



Specially made cylinder for collecting *Armillaria* containing soil samples.



The pit filled with sawdust and collected sample year afterwards.

Plot	<i>Armillaria</i> present	length (cm)	volume (cm ³)
1	66.7%	14.77	0.09
2	40.0%	19.65	0.07
3	100%	87.82	0.43
4	40%	46.52	0.14
5	80%	23.88	0.11
6	66.7%	31.10	0.16
7	73.3%	56.99	0.22
Average	66.7%	44.33	0.19

The presence of *Armillaria* rhizomorphs in the collected samples with their length (cm) and volume (cm³).



*Correspondence:

Latvian State Forest Research Institute Silava, Rīgas 111, Salaspils, LV 2169, Latvia;

dاتا.klavina@silava.lv

This study was supported from the by JSC Latvian State Forests project No. 5-5.9.1.007q_101_21_79, "Investigation of the impact of root rot and reducing risks caused by root rot" and ERDF within the framework of the project "Forest Sector Competence Centre of Latvia" (Contract No. 5.1.1.2.0/1/22/A/CFLA/007 "Coed-forming basidiomycetes: possibilities of their use in limiting root rot in forests on peat soils").



6. pielikums

Analizētie dažādu augstumu priežu celmi MPS Kalsnavas mežu novadā

Parauglaukums	Celma Nr.	Celma H, cm	Heterobasidion izolāts
Kandavas	A4	15	<i>H. annosum 1</i>
Kandavas	A5	15	<i>H. annosum 1</i>
Kandavas	A8	15	<i>H. annosum 1</i>
Kandavas	A9	15	<i>H. annosum 1</i>
Kandavas	B2	15	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B3	15	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B4	15	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B5	15	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B6	15	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B9	15	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	K2*	15	-
Kandavas	K3	15	-
Kandavas	K4	15	-
Kandavas	K5	15	-
Kandavas	K7	15	-
Kandavas	K8	15	-
Kandavas	K10	15	-
Kandavas	A1	50	<i>H. annosum 1</i>
Kandavas	A3	50	<i>H. annosum 1</i>
Kandavas	A8	50	<i>H. annosum 1</i>
Kandavas	A9	50	<i>H. annosum 1</i>
Kandavas	B1	50	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B3	50	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B4	50	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B5	50	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B6	50	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B7	50	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B9	50	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	B10	50	<i>H. annosum 2</i>
Kandavas	K1	50	-
Kandavas	K2	50	-
Kandavas	K7	50	-
Kandavas	K10	50	-

Parauglaukums	Celma Nr.	Celma H, cm	Heterobasidion izolāts
Saltupes	B5	15	<i>H. annosum 2</i>
Saltupes	B8	15	<i>H. annosum 2</i>
Saltupes	K4	15	-
Saltupes	K5	15	-
Saltupes	K8	15	-
Saltupes	K10	15	-
Saltupes	A5	50	<i>H. annosum 1</i>
Saltupes	B2	50	<i>H. annosum 2</i>
Saltupes	K2	50	-
Saltupes	K6	50	-
Saltupes	K7	50	-
Saltupes	K10	50	-

*Kontroles celmi (apstrāde nav veikta)

7. pielikums

Analizētie dažādu augstumu priežu celmi MPS Kalsnavas mežu novadā

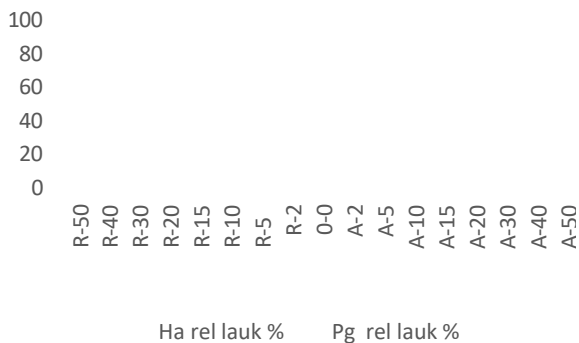
N.p.k.	PL	Celma nr.	Celma H, cm	Analizēto sakņu skaits	Sakņu skaits ar:	
					<i>Heterobasidion</i>	<i>P.gigantea</i>
1	Kandavas	A4	15	38	0	0
2	Kandavas	A5	15	12	0	0
3	Kandavas	A8	15	37	0	0
4	Kandavas	A8	50	22	0	0
5	Kandavas	A9	50	44	0	0
6	Kandavas	B3	50	9	0	0
7	Kandavas	B4	15	28	0	0
8	Kandavas	B6	15	34	0	0
9	Kandavas	K10	15	14	0	0
10	Kandavas	K10	50	27	0	0
11	Kandavas	K1	50	9	0	0
12	Kandavas	K2	15	11	0	0
13	Kandavas	K2	50	9	0	0
14	Kandavas	K3	15	28	0	0
15	Kandavas	K4	15	14	0	0
16	Kandavas	K5	15	14	0	0
17	Kandavas	K8	15	27	0	0
18	Kandavas	A9	15	42	6	0
19	Kandavas	K7	15	18	6	0
20	Kandavas	B9	15	22	7	0
21	Kandavas	B2	15	38	8	0
22	Kandavas	B5	15	17	13	0
23	Kandavas	B3	15	20	14	0
24	Kandavas	B10	50	19	1	0
25	Kandavas	B5	50	25	1	0
26	Kandavas	B1	50	26	5	0
27	Kandavas	B6	50	14	9	0
28	Kandavas	A3	50	20	12	0
29	Kandavas	A1	50	21	14	0
30	Kandavas	B7	50	33	17	0
31	Kandavas	B9	50	24	20	0
32	Kandavas	B4	50	23	21	0
33	Kandavas	K7	50	77	55	0
34	Saltupes	B8	15	45	0	0
35	Saltupes	K10	15	22	0	0
36	Saltupes	K10	50	45	0	0
37	Saltupes	K2	50	12	0	0
38	Saltupes	K4	15	71	0	0
39	Saltupes	K5	15	10	0	0
40	Saltupes	K6	50	22	0	0
41	Saltupes	K7	50	78	0	0

42	Saltupes	K8	15	30	0	0
43	Saltupes	B5	15	42	39	0
44	Saltupes	A5	50	19	8	0
44	Saltupes	B2	50	47	42	1

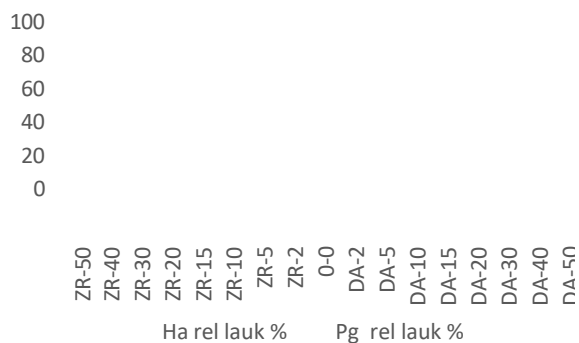
8. pielikums

***Heterobasidion* (Ha) un *P. gigantea* (Pg) infekcija 2. maijā VD Ogres iecirkņā 1. un 4. parauglaukumā izvietotajās ripās (*P. gigantea* infekcija konstatēta tikai atsevišķos analizētajos transektu virzienos).**

Ogre 1.pl R-A



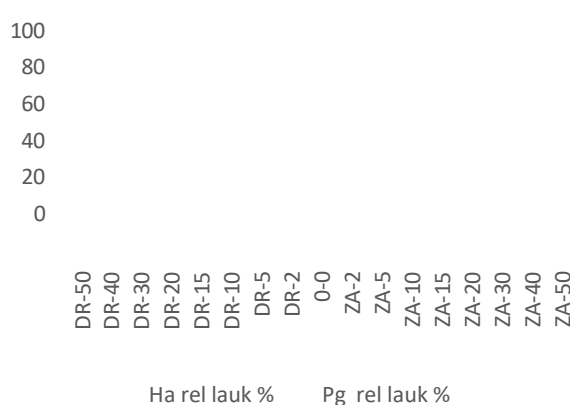
Ogre 1.pl ZR-DA



Ogre 1.pl Z-D



Ogre 1.pl DR-ZA



Ogre 4. pl R-A



Ogre 4. pl ZR-DA



Ogre 4. pl Z-D



Ogre 4. pl DR-ZA



Ha rel lauk %

Ha rel lauk %

DR-50
DR-40
DR-30
DR-20
DR-15
DR-10
DR-5
DR-2
0-0
ZA-2
ZA-5
ZA-10
ZA-15
ZA-20
ZA-30
ZA-40
7A-50



