



PĀRSKATS
PAR PĒTĪJUMA 2018. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte

IZPILDĪTĀIS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

PASŪTĪTĀIS: Akciju sabiedrība “Latvijas valsts meži”
Līguma Nr. 5-5.5_0004_101_16_4

PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS
VADĪTĀIS: Dr. silv. Tālis Gaitnieks, LVMI Silava vadošais pētnieks

Salaspils, 2019

SATURS

Kopsavilkums	3
Summary.....	4
Darba uzdevumi.....	5
1. <i>Heterobasidion annosum</i> un <i>H. parviporum</i> attīstība skuju koku stumbros: materiāls iegūts, mākslīgi inficējot 9 koku sugas.....	6
2. <i>H. annosum</i> dinamikas pētījumi <i>P. contorta</i> stādījumos	12
3. Sakņu trapes izplatības novērtējums priežu audzēs	17
4. <i>Heterobasidion annosum</i> izplatības salīdzinājums stādītās un dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs	21
5. Augsnes apstrādes ietekmes novērtējums uz <i>Heterobasidion</i> spp. sastopamību:.....	24
6. <i>Heterobasidion</i> spp. izplatību maza diametra atšķirīgu augstumu skuju koku celmos	29
7. <i>P. gigantea</i> micēlija attīstības pārbaude trupējušā egles koksnē	29
8. Mežizstrādes atlieku uzskaitē un trupējušās koksnes apjoma novērtējums egļu audzēs pēc krājas kopšanas un galvenās cirtes	37
9. Bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitātes salīdzinājums sakņu piepes <i>Heterobasidion</i> spp. sporu infekcijas ierobežošanā	44
10. Turpmākie pētījumi fitopatoloģijā: <i>ceļa karte</i>	48
11. Izmantotā literatūra	57

KOPSAVILKUMS

2016. gadā uzsākts pētījums “Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte”, kura mērķis ir novērtēt sakņu trapes izplatību ietekmējošos faktorus, lai izstrādātu rekomendācijas trapes izplatības ierobežošanai intensīvas mežsaimniecības apstākļos.

2018. gada 3. etapā papildus ievākti dati par sakņu piepes micēlija izplatību mākslīgi inficēto egļu, lapegļu un priedes stumbrā. Konstatēts, ka lapeglēs micēlijs izplatījies ar ātrumu 0,09 m gadā. Secināts, ka lapu koki, salīdzinot ar skuju kokiem, ir mazāk uzņēmīgi pret sakņu piepi, līdz ar to tie izmantojami stipri inficētu platību atjaunošanā. Analizēta *H. annosum* attīstības dinamika *P. contorta* audzē, ievākti 43 koksnes paraugi Vecumnieku iecirknī un 62 paraugi Usmas iecirknī. Secināts, ka Klinškalnu priede nav piemērota suga, lai atjaunotu stipri inficētas parasto priežu vai parasto egļu platības, jo ir uzņēmīga pret *H. annosum* un *H. parviporum* izraisīto sakņu trupi. *H. annosum* genotips var aizņemt vairāk nekā 350 m² lielu platību, inficējot 55 kokus. Lai samazinātu sakņu piepes izplatību ar bazīdijsporām, nepieciešams izvākt trupējušās, kaltsušās Klinškalnu priedes, tā ierobežojot sakņu piepes auglķermeņu attīstību. Lai noteiktu *Heterobasidion* spp. sastopamību un infekcijas izraisītos zaudējumus pieaugušās priežu audzēs un jaunaudzēs, kopā apsekotas 83 pieaugušās priežu audzes un 96 jaunaudzes (2018. gadā 25 un 27 audzes). Priežu jaunaudzēs sakņu piepe konstatēta divreiz biežāk, salīdzinājumā ar pieaugušām priežu audzēm, atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$), visbiežāk jaunaudzēs tika konstatēts *H. annosum*. Lai novērtētu, cik efektīvi celmu un sakņu izvākšana var ierobežot *Heterobasidion* spp. izplatību un stādu inficēšanu, tika pārbaudīta *Heterobasidion* spp. micēlija saglabāšanās maza tilpuma sakņu fragmentos: secināts, ka *Heterobasidion* micēlijs nesaglabājas sakņu fragmentos, kuru diametrs mazāks par 2 cm. Lai pārbaudītu trupējušu celmu apstrādes lietderību, analizēti 120 celmi. Iegūtie rezultāti liecina, ka *P. gigantea* attīstās arī trupējušos celmos. Lai novērtētu trupējušu egļu mežistrādes atlieku sastopamību 2016.-2018. gadā kopā apsekotas 72 audzes, kurās ierīkoti 755 parauglaukumi, uzmērītas 1262 atliekas – 177 (14 %) no tām bija trupējušas. Pētījuma ietvaros novērtēta bioloģisko (“Rotstop”) un ķīmisko (urīnviela) preparātu efektivitāte egļu celmu aizsardzībā - konstatēts, ka urīnviela efektīvāk ierobežo bazīdijsporu infekciju salīdzinājumā ar “Rotstop” .

Pētījuma laikā iegūtie rezultāti prezentēti LIFE-IUFRO konferencē ”Root and Stem Rots” Zviedrijā, kā arī sagatavota publikācija un iesniegta publicēšanai “Canadian Journal of Forest Research”.

SUMMARY

Implementation of the research “Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” has been started in 2016, the main aim of this study is to analyse the factors, which influence the development and the spread of root rot, and to develop recommendations for control of root rot in intensive forest management practices.

In 2018 additionally was obtained wood samples from spruces, larches and to analyse development of *Heterobasidion* spp. mycelium in artificially inoculated 9 tree species. An average growth rate of *Heterobasidion* mycelium in stems of larches was 0.09 m per year, Results showed that broadleaved trees are unsusceptible to *Heterobasidion* infection and could be used to regenerate *Heterobasidion* infected conifer plantations. To investigate the infection and spread of *Heterobasidion* spp. in *P. contorta* plantations – 43 and 62 additional wood samples were obtained, in conclusion lodgepole pine is not profitable species to regenerate *H. annosum* and *H. parviporum* pre-infected forest sites. Genotype of *H. annosum* may infect 55 lodgepole pines (distributed in at least 350 m²). To restrict primary infection of *Heterobasidion annosum* decayed lodgepole pines should be removed from stand. In total 83 stands of adult or over mature pine and 96 stands of young (< 20 year) pine were observed (in 2018: 25 and 27, respectively) to assess the spread of root rot. *Heterobasidion* infection rate was observed two-fold higher in young stands in comparison to mature stands ($p < 0.05$). Most common rot causing fungus in young stands was *H. annosum*. To evaluate efficiency of stump harvesting and persistence and infectivity of *Heterobasidion* spp. in peat soil, root residuals had been dug into the soil, we observed, that survival of *Heterobasidion* is limited in small dimension roots (< 2 cm). To analyse efficiency of biological preparations against root rot in decayed stumps, 120 stumps were used. Results showed that *P. gigantea* develops in decayed stumps. Since 2016 volume of rotted spruce debris after commercial thinning after final felling have been analysed and data from 72 stands (755 sample plots; 1262 samples). In total, we observed 14 % decayed woody debris.

Sample plots in spruce stands were observed to analyse efficacy of biological (*P. gigantea* isolates) and chemical (urea) preparations against root rot, urea showed higher efficiency against primary infection.

In this research obtained results were presented in Root and Stem Rots Conference (LIFE-IUFRO) in August 2018 in Sweden and publication has been submitted in Canadian Journal of Forest Research.

DARBA UZDEVUMI

Saskaņā ar 2016. gada 11. janvārī noslēgto līgumu (Nr. 5-5.5_0004_101_16_4) pētījuma 3. etapā 2018. gadā paredzēti sekojoši darba uzdevumi:

1. *Heterobasidion* spp. micēlija attīstības novērtējums mākslīgi inficētos kokos.
2. *H. annosum* dinamikas pētījumi *P. contorta* stādījumos.
3. Sakņu trupes izplatības novērtējums priežu audzēs.
4. *Heterobasidion annosum* izplatības salīdzinājums stādītās un dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs.
5. Augsnes apstrādes ietekmes novērtējums uz *Heterobasidion* spp. sastopamību: *Heterobasidion* sastopamības novērtējums inficēto sakņu fragmentos.
6. *Heterobasidion* spp. izplatību maza diametra atšķirīgu augstumu skuju koku celmos.
7. *P. gigantea* micēlija attīstības pārbaude trupējušā egles koksne.
8. Mežizstrādes atlieku uzskaitē un trupējušās koksnes apjoma novērtējums egļu audzēs pēc krājas kopšanas un galvenās cirtes.
9. Bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitātes salīdzinājums sakņu piepes *Heterobasidion* spp. sporu infekcijas ierobežošanā.
10. Pētījumu ceļa kartes izstrāde.

1. *HETEROBASIDION ANNOSUM* UN *H. PARVIPORUM* ATTĪSTĪBA SKUJU KOKU STUMBROS: MATERIĀLS IEGŪTS, MĀKSLĪGI INFICĒJOT 9 KOKU SUGAS

Lai gan *Heterobasidion* sēņu sugu komplekss iekļauj piecas sugas – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Heterobasidion parviporum* Niemelä, Korhonen, *Heterobasidion abietinum* Niemelä, Korhonen, *Heterobasidion irregulare* Otrosina, Garbelotto un *Heterobasidion occidentale* Otrosina, Garbelotto (Niemelä and Korhonen, 1998; Otrosina and Garbelotto, 2010; Dalman, 2010), Latvijā sastopamas tikai divas no iepriekš minētajām sugām: *H. annosum* un *H. parviporum*. Šīs sēņu sugas galvenokārt inficē skuju kokus. Mistrotās audzēs *Heterobasidion* inficē arī lapu kokus, bet var tikt inficētas arī lapu koku tīraudzes (Korhonen *et al.*, 1998a,b; Korhonen and Stenlid, 1998; Gonthier and Thor, 2013; Lygis *et al.*, 2004; Łakomy and Cieślak, 2008). Atsevišķas lapu koku sugas raksturo augsta rezistence pret sakņu piepi (Gonthier and Thor, 2013), piemēram, Kalifornijas melnā ozola (*Quercus kelloggii*) celmi, mākslīgi apstrādāti ar *Heterobasidion* sp. konīdijsporām, neinficējās (Hunt *et al.*, 1974). Jāņem vērā, ka koku noturību pret patogēniem, tajā skaitā sakņu piepes izraisīto sakņu trupī, iespējams veicināt, audzējot kokus optimālos augšanas apstākļos un nodrošinot kokaugu attīstībai nepieciešamos minerālelementus (Korhonen *et al.*, 1998b; Piri, 2000). Literatūrā norādīts, ka īpaša piesardzība ievērojama introducējot kokaugus, jo nereti introducētie koki nav adaptējušies vietējiem klimatiskajiem apstākļiem un tāpēc ir uzņēmīgāki pret slimībām (Korhonen and Stenlid, 1998). Latvijā veiktos pētījumos noskaidrots, ka egļu mežos sakņu trupī visbiežāk izraisa *H. parviporum* un trupējušo koku īpatsvars sasniedz vidēji 22 % (Arhipova *et al.*, 2011). Patogēns saglabājas nocirsto skuju koku celmos ilgāk nekā 20 gadus, bet atsevišķos gadījumos *Heterobasidion* micēlijs atrasts arī 45 gadus vecos egļu celmos (Piri, 1996; Zaļuma nepubl. dati; Gaitnieks, nepubl. dati). Tā kā meža atjaunošanas termiņš Latvijā nedrīkst pārsniegt piecus līdz 10 gadus, bet sakņu piepes miēlijs celmos saglabājas ilgāk, tad nepieciešams rūpīgi izvērtēt atjaunošanai izmantojamās koku sugas, lai novērstu jaunās paaudzes koku inficēšanos. Lai novērtētu dažādu koku sugu uzņēmību pret sakņu piepi, 2007. gadā kopā ar kolēģiem no Zviedrijas Lauksaimniecības universitātes (R. Vasaitis), ierīkoti parauglaukumi *Populus tremula*, *Betula pendula*, *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Larix spp.* audzēs "Meža pētīšanas stacijas" teritorijā Kalsnavā. Minētajos parauglaukumos veikta mākslīga koku inficēšana un pēc 9 gadiem noteikta šo koku

sugu uzņēmību pret *Heterobasidion annosum* un *Heterobasidion parviporum*, kā arī analizēta patogēna izplatība stumbrā.

1.1. Materiāls un metodika

1.1.1. Materiāls

Koku inficēšanai izmantots R. Vasaitis vadībā Zviedrijas Lauksaimniecības universitātē (SLU) sagatavots *Heterobasidion* spp. materiāls. Šāda eksperimenta atkārtojums paralēli tika ierīkots arī Lietuvā, bet ir pārtraukts, jo koki nocirsti. Koku inficēšanai izmantoti *Heterobasidion parviporum* (Rb 175) un *Heterobasidion annosum* (358 RW) izolāti, kas iegūti Zviedrijā (R. Vasaitis un J. Stenlid). 2007. gada maijā koku vainagu stāvokli novērtēja LVMI Silava pētnieki, eksperimentam izvēloties tikai vizuāli veselus kokus. Parauglaukumu apraksts atspoguļots 1.1. tabulā. Ar *Heterobasidion* spp. inficēja 360 kokus (40 kokus no katras koku sugas (*Populus tremula*, *Betula pendula*, *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Larix* spp.)), bet 90 kokus (10 no katras koku sugas) izmantoja kā kontroli. Katra koku suga tika inficēta gan ar *H. annosum*, gan *H. parviporum*.

1.1.2. Lauka darbu metodika

2017. gada 28. jūnijā novērtēta koku vitalitāte un uzsākta koku zāģēšana (1.1. tabula). Priedes, egles, apses, melnalkšņi, baltalkšņi, ozoli, oši un lapegles nozāģēti, veidojot augsto celmu (20-40 cm), bet koksnes paraugs no augstā celma iegūts, to izzāģējot tieši no sakņu piepes inokulācijas vietas, iegūstot koksnes ripu 2-3 cm biezumā, virzienā uz sakņu kaklu no inokulācijas punkta. Bērzam augstie celmi netika veidoti, bet koki zāģēti uzreiz inokulācijas vietā, jo pirmie divi (1 m gari) stumbra nogriežņi izmantoti citā eksperimentā, lai pārbaudītu 30 % urīnvielas ietekmi uz lapu koku koksni kolonizējošo sēņu attīstību.

2018. gada pavasarī noteiktas patogēna attīstības sekmes 2017. gadā nozāģēto koku stumbros. Koku stumbri pēc nozāģēšanas visu ziemu atstāti mežā, un pavasarī sazāģēti 5 cm garos nogriežņos, noteikts koksnes iekrāsojums. No stumbra resgaļa pēdējā nogriežņa paņemts koksnes paraugs, lai noteiktu patogēna sastopamību.

1.1. tabula. Koku vitalitātes novērtējums (2017. g.) un paraugu ievākšanas laiks.

Koka suga	Kv.; nogabals	Platī- ba, ha	Vitālie inficētie un kontroles koki, skaits*	Paraugu ievākšanas laiks
Priede	65; 14	0,2	46	28.06.17.
Egle	60; 16	5,8	43	03.07.17.
Bērzs	263; 10	2,2	49	05.09.17.
Melnalksnis	263;10	2,2	48	27.07.17.
Osis	263; 9	2,4	29	24.08.17.
Ozols	222; 1	1,1	45	18.08.17.
Baltalksnis	260; 4	1,2	45	19.07.17.
Apse	244; 4 un 10	2,3	49	08.08.17.
Lapegle	251; 11	1,1	48	11.07.17.

*koki tika uzskatīti kā vitāli, ja netika konstatēti vainaga, stumbra un sakņu kakla bojājumi

1.1.3. Laboratorijas darbu metodika

Inokulāta sagatavošana aprakstīta 2017. gada 2. etapa pārskatā. 2017. un 2018. gadā visus iegūtos koksnes paraugus nomizoja un nomazgāja zem tekoša krāna ūdens, lai izvairītos no citu koksni kolonizējošo sēņu ieaugšanas. Pēc tam tos ievietoja sterilos polietilēna maisos, atstājot maisa galus vaļā. Tādā veidā tika nodrošināta gaisa cirkulācija. Koksnes paraugus inkubēja 5-7 dienas istabas temperatūrā. Pēc inkubācijas perioda ar stereomikroskopu pārbaudīja *Heterobasidion* sp. konīdijnesēju sastopamību un izdalīja patogēna tūrkultūras.

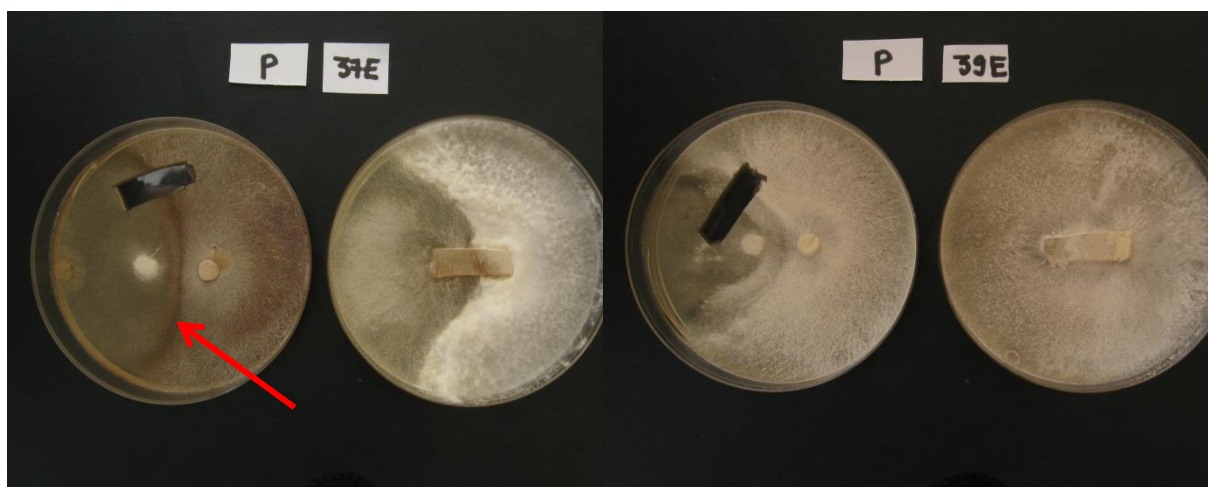
Lai apstiprinātu Koha postulātus un pierādītu, ka no koka izdalītie *Heterobasidion* sp. izolāti ir ģenētiski identiski ar sākumā izmantotajām patogēna kultūrām, veikti somatiskās saderības testi (Stenlid, 1985).

1.2. Rezultāti

2017. gada pārskatā aprakstīti sākotnēji iegūtie rezultāti. Secināts, ka lielākais nokaltušo koku skaits konstatēts ošu audzē, kur tika konstatētas *Hymenoscyphus fraxineus* izraisītās infekcijas pazīmes. *Hymenoscyphus fraxineus* izraisītā koku destrukcija ierobežoja iespējas paņemt koksnes paraugus, tāpēc kopā tika analizēti tikai 35 oši. Mūsu pētījuma 2017. gada atskaitē atzīmēts, ka ar sakņu piepi inficējušās pavisam 23 egles (analizētas gan augošās, gan kaltušās). Sakņu piepe konstatēta arī sešās lapeglēs un vienā priedē. Pētījumā netika konstatēta lapu koku inficēšanās, kas liecina, ka lapu koki, salīdzinot ar skuju kokiem, ir mazāk uzņēmīgi pret sakņu piepi, līdz ar to tie izmantojami stipri inficētu platību atjaunošanā. Tomēr ne visi no egles izdalītie izolāti bija somatiski saderīgi ar oriģinālajām kultūrām, kas izmantotas koku inficēšanā (1.1. attēls). Turklāt lielākoties konstatēts, ka oriģinālā *Heterobasidion* kultūra ir

lēnāk augoša nekā no koka izdalītā, līdz ar to konstatējama micēlija pāraugšana (1.2. attēls). Somatiskā saderība konstatēta tikai 22 % analizēto izolātu, kas izdalīti no egles. Somatiskajai nesaderībai var būt vairāki cēloņi:

- a) analizētie koki var būt inficējušies ar sakņu piepes micēliju sakņu kontaktu vietās no blakus augošajiem kokiem vai celmiem (Gonthier and Thor, 2013). Ierīkojot eksperimentu, netika ņemti koksnes paraugi, lai noteiktu sakņu piepes infekciju, bet tika novērtēts vainaga stāvoklis, tāpēc iespējams, ka koki bija jau inficēti ar patogēnu pirms eksperimenta uzsākšanas. Literatūrā minēts, ka *P. abies*, kuras kodolkoksnē sveķu saturs ir zems, trupe var izplatīties pat vairāku metru augstumā, bet koki nenokalst (Korhonen and Stenlid, 1998).
- b) 2017. gadā, apsekojot mākslīgi inficētos kokus, konstatēts, ka pavisam 19 no 40 analizētajām inficētajām eglēm ir pārnadžu bojātas – uz stumbra redzamas brūces. Tās potenciāli varēja tikt inficētas ar sakņu piepi (Burņeviča *et al.*, 2016).
- c) patogēnu uzglabājot mākslīgā vidē “*in vitro*” var samazināties tā augšanas potenciāls, salīdzinot ar attīstību koksnē “*in vivo*”, tāpēc notiek micēlija pāraugšana (1.2. attēls).



1.1. attēls. Somatiski nesaderīgi izolāti, kas norāda uz koku dabisko infekciju ar *Heterobasidion* spp. (Ar bultu norādīta demarkācijas līnija, kas liecina, ka izolāti ir somatiski nesaderīgi.)

1.2. attēls. Testa kultūra (39 E – micēlijs izdalīts no egles) uzrāda augstāku augšanas ātrumu nekā oriģinālais (P - *Heterobasidion annosum* (358 RW)) izolāts.

Visbiežāk konstatēta tieši micēlija pāraugšana, kas norāda, ka mākslīgi radītā vidē samazinās micēlija augšanas potenciāls. Turklāt, konsultējoties ar zviedru pētnieku R. Vasaitis secināts, ka šāds fenomens novērojams bieži. Tomēr konstatēts, ka 3 no kontrolē izmantotajiem kokiem ir inficējušies ar sakņu piepi. Iegūtie rezultāti apliecina, ka audzē notikusi koku

inficēšanās sakņu kontaktu ceļā no blakus augošajiem kokiem. Tāpēc turpmākajā analīzē šie dati (trīs inficētas egles) nav izmantojami. Tomēr šajā audzē ir iegūta vispārīga informācija par sakņu piepes izplatību egles stumbrā. *Heterobasidion* spp. izraisīta koksnes trupe vai trupes sēņu izraisītais iekrāsojums novērots 18 no 23 inficētajām eglēm, vidējais trupes izplatības augstums bija $2,5 \pm 1,33$ m, bet maksimālais 6,71 m. Iepriekš veiktos pētījumos noskaidrots, ka sakņu piepes izraisītā trupes kolona augošās eglēs sasniedz vidēji 6,6 m augstumu bet līdzīga vecuma (ap 40 gadiem) kokos vidējā trupes kolona sasniedz $3,4 \pm 2,5$ m (Arhipova *et al.*, 2011). Analizējot datus, tika konstatēta būtiska korelācija starp trupes aizņemto laukumu celma augstumā un 1,3 m augstumā ($r = 0,78$, $p < 0,001$), turklāt secināts, ka kokiem ar lielāku diametru, ir būtiski lielāks *Heterobasidion* spp. aizņemtais laukums ($r = 0,43$, $p = 0,04$). Arī iepriekš veiktos pētījumos noskaidrots, ka pastāv būtiska korelācija starp trupes laukumu krūšu augstumā un trupes izplatību stumbrā, turklāt, pieaugot audzes vecumam, palielinās trupējušās koksnes tilpums. Audzēm, kuras vecākas par 120 gadiem trupējušās koksnes daudzums trīskāršojas, salīdzinot ar 40 gadīgām audzēm (Arhipova *et al.*, 2011). Tāpēc egļu audzēs nepieciešams izvērtēt piemērotāko apsaimniekošanas modeli, lai samazinātu sakņu piepes izplatību un trupējušās koksnes daudzumu.

Lai gan lapegles raksturo augsta uzņēmība pret sakņu piepi (Delatour *et al.*, 1998), tomēr mūsu pētījumā tika konstatēta tikai 6 lapeglu inficēšanās. Tā kā tās ir stādītas uz lauksaimniecības zemes un mežizstrāde nav tikusi veikta, tad vienīgais papildus esošais inficēšanās riska faktors ir pārnadžu radītās brūces, kas konstatētas 3 no analizētajām 40 lapeglēm. Tāpēc, lai pārbaudītu izolātu piederību tikai veikts somatiskās saderības tests. Divām no izdalītajām tīrkultūrām nebija iespējams noteikt somatisko piederību oriģinālajai kultūrai, jo notika micēlija pāraugšana, tomēr uzskatāms, ka izolāti reprezentē sākotnēji izmantoto materiālu, jo netika novērota demarkācijas līnijas veidošanās. Lapeglu audzē trupes kolonnas izplatības augstums variēja no 0,18 līdz 3,62 m, vidēji sasniedzot $0,86 \pm 1,42$ m, tātad patogēns stumbrā izplatās ar ātrumu vidēji 0,09 m gadā, kas saskan ar iepriekš veiktiem eksperimentiem egles koksne (Bendz-Hellgren *et al.*, 1999). Vienīgajā inficētajā priedē netika novērota sakņu trupes kolonnas attīstība, patogēns koku bija kolonizējis sakņu kakla rajonā, infekcijas simptomi vainagā netika konstatēti. Jau iepriekš veiktos mākslīgās inficēšanas pētījumos, konstatēts, ka egles inficējas biežāk nekā priedes, neatkarīgi no to sēkļu izcelsmes vietas (Zaļuma *et al.*, 2016).

1.3. Secinājumi

1. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka bērzs, baltalksnis, melnalksnis, apse, osis, ozols salīdzinot ar egli, ir mazāk uzņēmīgi pret sakņu piepi, līdz ar to tie izmantojami meža atjaunošanā stipri inficētu egļu audžu platībās.
2. Priedi raksturo zemāka uzņēmība pret sakņu piepi nekā lapegli un egli.
3. Vidēji trupe augošā lapegles koksne attīstās ar ātrumu 0,09 m gadā, bet vizuāli simptomi nav novērojami.
4. Inokulēšanas eksperimentiem jāizmanto no koksnes nesen izdalīti patogēna izolāti, jo, kultivējot patogēnu vairākus gadus *in vitro*, var mainīties tā augšanas potenciāls.

2. *H. ANNOSUM* DINAMIKAS PĒTĪJUMI *P. CONTORTA* STĀDĪJUMOS

Saistībā ar klimata pārmaiņām, jāreķinās ar introducēto kokaugu sugu īpatsvara potenciāla palielināšanos, tāpēc pirms plantāciju audžu veidošanas svarīgi apzināt iespējamus to biotiskos riskus. Ņemot vērā, ka Latvijā sakņu un stumbra trupi visbiežāk izraisa sakņu piepe, tad nepieciešams noskaidrot piemērotākās sugas ar zemu uzņēmību pret *H. annosum* infekciju. Latvijā un citur pasaulē veiktajos pētījumos noskaidrots, ka Klinškalnu priede *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* (Engelm.) ex S. Wats ir produktīvāka un ātraudzīgāka par parasto priedi *P. sylvestris* (Baumanis *u.c.*, 1986; Baumanis *u.c.*, 1992; Hagner, 1971 cit. pēc Karlman, 2001; Knight *et al.*, 2001; Sisenis, 2013). Deviņdesmito gadu sākumā Latvijā ierīkoti provenienču stādījumu pētījumi, lai noskaidrotu produktīvāko sēklu izcelsmes reģionu sugas pamatareāla robežās (Baumanis *u.c.*, 1992). *P. contorta* raksturo izturība pret sēņu patogēniem: *Endocronartium pini* (Pers.) Lev. Ex Hirat. un *Cronartium fiacidum* Wint. (Witzell, 1999 cit. pēc Karlman, 2001), tomēr tiek uzskatīts, ka patogēnās sēnes, kas apdraud *P. sylvestris* varētu inficēt arī *P. contorta* (Karlman, 1981). Agrāk veiktie Klinškalnu priedes rezistences pētījumi nav snieguši viennozīmīgu atbildi par tās rezistenci pret sakņu piepes izraisīto sakņu trupi (Hagner, 1993; Karlman, 2001). Latvijā *H. annosum* izraisītās sakņu trupes izplatības pētījumi *P. contorta* audzēs uzsākti tikai 2010. gadā (A. Zaļuma, npublicēti dati). Pirmo reizi *P. contorta* un *P. sylvestris* stādījumi, kas ierīkoti Vidusdaugavas reģiona Vecumnieku meža iecirknī, apsekoti 2010. gadā un pētījuma ietvaros infekcijas attīstības dinamika novērtēta piecu gadu periodā. Lai noskaidrotu, vai Klinškalnu priede ir uzņēmīga pret sakņu piepes bazīdijsporu infekciju pēc veiktas kopšanas cirtes, 2012. gadā tika apsekots 1986. gadā Ziemeļkurzemes reģionā, Usmas iecirknī ierīkotais *P. contorta* eksperimentālais stādījums. Minētais stādījums reprezentē tās pašas 3 *P. contorta* var. *latifolia* proveniences, kas iestādītas Vecumnieku iecirknī ierīkotajā stādījumā - Pink Mountain, Fort Nelson, Summit Lake.

Lai salīdzinātu *H. annosum* genotipu izplatības robežas, noteiktu sakņu piepes attīstības dinamiku un Klinškalnu priedes uzņēmību pret sakņu piepes infekciju, 2018. gadā Vidusdaugavas reģiona Vecumnieku meža iecirknī un Ziemeļkurzemes reģiona, Usmas iecirknī ierīkotie parauglaukumi apsekoti atkārtoti.

2.1. Materiāls un metodes

2.1.1. Empīriskā materiāla raksturojums

P. contorta eksperimentālais stādījums Vidusdaugavas reģiona Vecumnieku meža iecirknī (196. kv., 12. nog.) ierīkots 1985. gadā. Objekta koordinātas - 56°41'6" Z pl. un 24°27'43" A gar. Audzes sastāvs: 10 citas P,+P, meža tips – mētrājs. Stādījums veidots blokos, katrā parcelā sākotnēji ir bijuši 60 koki, un tajā analizētas trīs *Pinus contorta* var. *latifolia* proveniencas - Pink Mountain, Fort Nelson, Summit Lake un viens *P. sylvestris* (nezināmas izcelsmes) variants. Attālums starp kokiem - 1 metrs, starp rindām – 2 metri. Pārbaudītas 64 parcelas. Iepriekšējās audzes koki (*P. sylvestris*) nocirsti 1983./1984. gadā. 2010. - 2014. gadā no visiem kalnu kokiem (gan Klinškalnu gan parastās priedes) tika ievāktas koksnes ripas, lai pārbaudītu audzes inficētību ar sakņu piepi.

Ziemeļkurzemes reģiona, Usmas iecirknī – 245.kv. 6., 7. nogabalā stādījums ierīkots 1986. gadā. Audzes sastāvs: 10 P, meža tips – vēris. Kopšanas cirte veikta 2007. gada ziemā un 2012. g. paņēmti paraugi no visiem kalnu kokiem. Ziemeļkurzemes reģiona eksperimentālo stādījumu parauglaukuma katrā parcelā sākotnēji bijuši 50 koki, attālums starp kokiem 1 metrs, starp rindām – 2 metri. Pārbaudītas 54 parcelas, 2700 koki.

2.1.2. Lauka darbu metodika

Visi koki novērtēti vizuāli, simptomātiskie koki nozāģēti un no tiem paņemti koksnes paraugi. Visi nozāģētie koki atzīmēti kartē. Vecumnieku iecirknī paraugi ievākti no 43 kokiem, Usmas iecirknī paraugi ievākti no 62 kokiem. Ripas uzreiz tika nogādātas LVMI Silava, kur paraugi uzglabāti +4 °C temperatūrā un veikta paraugu turpmākā analīze. Papildus Usmas iecirknī tika ievākti sakņu piepes augļķermeņi, lai noteiktu sporulējošo augļķermeņu daudzumu.

2.1.3. Laboratorijas darbu metodika

Nozāģētās *P. contorta* un *P. sylvestris* ripas apstrādāja un analizēja pēc iepriekš aprakstītās metodikas (1.1.3. punkts). Iegūtās *Heterobasidion* tīrkultūras pārsētas uz jaunu iesala-agara barotni. Barotnes sastāvs: iesala ekstrakts -15 g, agars – 12 g, ūdens – 1000 ml. Barotne autoklāvēta 20 min 121 °C temperatūrā.

Lai noskaidrotu, vai no koksnes ripām iegūtie izolāti pieder vienam genotipam (ģenētiski atšķirīgs vai vienāds micēlijs), veikts somatiskās saderības tests. *Heterobasidion* izolāta tīrkultūras sakrustotas, savstarpēji novietojot izolātus 2,5 cm attālumā vienu no otra. Kultūras piederība konkrētam genotipam tiks noteikta trīs nedēļu laikā (Stenlid, 1985). Lai noskaidrotu,

kādam sugai izolāti pieder, izmantota Dr. Kari Korhonen aprakstītā metodika (Korhonen, 1978). Kultūras novērtētas vizuāli pēc morfoloģiskajām pazīmēm, noteikts, vai veidojas demarkācijas līnija, mikroskopiski analizēta arī sprādzi sastopamība micēlijā (2.1., 2.2., 2.3. attēls). Sprāzdes veidojas tikai attīstoties dikariotiskam micēlijam. Saderības testa laikā pārbaudāmo kultūru novieto 1-3 cm attālumā no homokariotiskās testkultūras, ja notiek kodolu apmaiņa, izveidojas dikariotisks micēlijs un var novērtēt sprāzdes.



2.1. attēls. *H. annosum* izolāta (X) piederība *H. annosum* s.s. (P) – abu izolātu micēliji ir saauguši.



2.2. attēls. *H. annosum* izolāts (X) nepieder *H. parviporum* (S) – micēlijus norobežo demarkācijas līnija.



2.3. attēls. *H. annosum* s.s. sprāzde.

Lai noteiktu augļķermeņu laukumu, tie laboratorijā tika pārzīmēti uz caurspīdīgas A4 formāta plēves. Augļķermeņu laukums tika aprēķināts, izmantojot planimetru PLANIX S10 „Marble”. Ierīce tika noregulēta liektas līnijas garuma mērīšanai (funkcija Stream Area).

2.2. Rezultāti

2.2.1. Vecumnieku iecirknis

Atkārtoti 2018. gadā apsekojot, 2009. gadā Vecumnieku iecirknī ierīkoto parauglūkumu, *H. annosum* izraisītā infekcija konstatēta no jauna 42 kokiem – no šiem kokiem izdalīti 42 sēnes izolāti. *P. contorta* stādījumos inficēto koku skaits trīs gadu laikā palielinājies no 7,9 līdz 14,5 % (2010. gadā konstatēti 192 ar *H. annosum* inficēti koki, 2010. - 2018. gadā kopā konstatēti 330 inficēti koki). Visi izdalītie sēņu izolāti ir *H. annosum*. Tomēr iepriekš veiktos pētījumos A. Zaļuma *et al.* (Zaluma *et al.*, 2019) konstatējusi, ka *P. contorta* ir uzņēmīga pret abām sakņu piepes sugām, tādēļ šī suga nav piemērota izmantošanai stipri inficētu egļu audžu atjaunošanai.

Veicot *H. annosum* genotipu salīdzināšanu, konstatēts, ka *P. contorta* stādījumos astoņu gada laikā attīstījušies 23 jauni genotipi, kopējais genotipu skaits ir 51. Lielākais genotips 2018. gadā iekļāva 55 kokus un aizņēma vairāk nekā 350 m². 2010.-2018. gadā ievāktie dati (Zaluma *et al.*, 2019) liecina, ka Klinškalnu priede ir uzņēmīga gan pret primāro gan sekundāro sakņu piepes infekciju, infekcija tiek pārnesta no iepriekšējās ģenerācijas parastās priedes celmiem un inficē jaunās paaudzes Klinškalnu priedes. Vidēji vienā genotipā konstatēti 6,41 koki. Somijā veiktā pētījumā, kur inficētu egļu audžu vietā stādītas abas analizētās priežu sugas, noskaidrots, ka 8 – 14 gadus vecos *P. contorta* var. *latifolia* stādījumos vidēji viens genotips iekļauj 2,0 kokus, bet *P. sylvestris* stādījumos 1,2 kokus (Piri, 1996). Neliels skaits inficētu koku norāda uz bazīdijsporu infekciju. Turklāt autori atzīmē, ka vienā hektārā stādītu *P. abies* audzēs atrodami 25 - 4 800 *H. annosum* s.l. genotipi (Piri *et al.*, 1990; Swedjemark and Stenlid, 1993). Mūsu pētījumā konstatētais nelielais *H. annosum* genotipu skaits parauglūkumā (64 genotipi uz hektāru) apstiprina, ka *H. annosum* Vidusdaugavas stādījumā pamatā izplatījies sakņu kontaktu ceļā no iepriekšējās paaudzes celmiem, jo liels genotipu skaits, kā jau iepriekš minēts, norāda uz bazīdijsporu infekciju. Iepriekšējos pārskatos (Gaitnieks, 2014) iegūtie dati liecina, ka sakņu piepe izplatās audzē vidēji ar ātrumu līdz 0,9 m gadā. Sakņu piepes micēlijs audzē var saglabāties pat 200 gadus (Korhonen and Holdenrieder, 2005), tomēr laika gaitā genotipu skaits samazinās gan iekšsugas konkurences dēļ, gan citu koksni kolonizējošo mikroorganismu rezultātā (Redfern and Stenlid, 1998). Zviedrijā veiktie pētījumi liecina, ka sakņu piepes micēlijs no iepriekšējās paaudzes celmiem var inficēt augošas *P. contorta* var. *latifolia*, bet pētījumi par *P. contorta* var. *latifolia* celmu uzņēmību pret bazīdijsporu infekciju ir ļoti fragmentāri (Rönnerberg and Svensson, 2013). Astoņu gadu laikā attīstījušies 23 jaunie genotipi apstiprina Klinškalnu priedes uzņēmību pret sakņu piepes primāro jeb bazīdijsporu infekciju. Jāatzīmē, ka liela nozīme celmu kolonizēšanā ir arī konkurējošo un antagonisko sēņu klātbūtnei

(Hodges, 1969; Stenlid and Redfern, 1998). Mikroskopējot koksnes paraugus, tika novērtēta arī ar *H. annosum* konkurējošās *P. gigantea* sastopamība.

Usmas iecirknis

Usmas iecirknī paraugi tika ievākti no 62 kokiem, sakņu piepes infekcija konstatēta 38 kokos. Izolātu piederība atšķirīgiem genotipiem pārbaudīta pēc iepriekš minētās metodikas. Kopā *P. contorta* stādījumā ievākti 60 aktīvi sporulējoši augļķermeņi ar kopējo laukumu 71 cm². Sēnes augļķermeņi labvēlīgos augšanas apstākļos izdala ievērojamu daudzumu sporu (Korhonen and Stenlid, 1998, L. Brūna nepubl. dati). Iegūtie dati liecina, ka ar sakņu piepi inficētas Klinškalnu priedes palielina audzes primāro (ar bazīdijsporām) inficēšanās risku, jo Latvijā iepriekš veiktos pētījumos konstatēts, ka maksimāli izdalītais sporu daudzums ir lielāks nekā 700 000 sporas uz dm² stundas laikā (L. Brūna, nepubl. dati). Šobrīd turpinās iegūto datu apstrāde, datus paredzēts apstrādāt līdz 2019. gada jūlijam un rezultāti tiks atspoguļoti Santas Prikules kursa darbā “Sakņu piepes bazīdijsporu infekcijas nozīme Klinškalnu priedes audzēs” Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātē.

Pārskata periodā sagatavota publikācija par sakņu piepes izplatības dinamiku Klinškalnu priedes audzēs: Zaluma A., Muižnieks I., Gaitnieks T., Burņeviča N., Jansons Ā., Stenlid J., Vasaitis R. (2019). Infection and spread of root rot caused by *Heterobasidion* spp. in *Pinus contorta* plantations: three case studies. Iesniegts žurnālā Canadian Journal of Forest Research.

2.3. Secinājumi

1. Klinškalnu priede nav piemērota suga, lai atjaunotu stipri inficētas parasto priežu vai parasto egļu platības, jo ir uzņēmīga pret *H. annosum* un *H. parviporum* izraisīto sakņu trupi. Atsevišķi *H. annosum* genotipi izplatās īpaši agresīvi Klinškalnu priedes audzēs, inficējot vairāk nekā 55 kokus 35 gadus pēc audzes iestādīšanas,
2. Lai samazinātu sakņu piepes izplatību ar bazīdijsporām nepieciešams izvākt trupējušos, kaltošās Klinškalnu priedes, tādējādi samazināt inficēšanās potenciālu.

3. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBAS NOVĒRTĒJUMS PRIEŽU AUDZĒS

2005. gadā uzsākti pētījumi, lai noskaidrotu trupējušo koku īpatsvaru un trupi izraisīto sēņu sastāvu egļu audzēs Latvijā (Arhipova *et al.*, 2011), tomēr šajā pētījumā netika analizēta sakņu trapes sastopamība priežu audzēs. Iepriekš minētajā pētījumā tika izvirzīti kritēji: audzes atrašanās vieta (Austrumu un Rietumu reģioni), valdošās sugas īpatsvars(>5E), un audzes vecums(27-164 gadi). Līdzīgi pamatkritēriji kā iepriekš veiktajā pētījumā izvirzīti 2016. gadā, uzsākot pieaugušu un pāraugušu priežu audžu apsekošanu(81-194 gadu vecas audzes) Austrumu un Rietumu reģionā, līdz 2020. gadam apsekojot vairāk nekā 100 pieaugušas priežu audzes. Papildus tika izvērtēti Meža statistiskās inventarizācijas dati (Baumanis *u.c.*, 2014) un izvirzīti uzdevumi apsekot meža tipus, kas aizņem vismaz 70 tūkstošus hektāru(tas ir, mētrājs, lāns, damaksnis, šaurlapju ārenis, šaurlapju kūdrenis, purvājs). Tā kā būtiski ir raksturot sakņu piepes sastopamību audzēs ar atšķirīgu auglību un hidroloģisko režīmu, tad kopš 2016. gada apsektas pieaugušas priežu audzes: mētrāja, lāna, damakšņa, šaurlapju āreņa, šaurlapju kūdreņa meža tipos,tā, lai noslēdzoties pētījumam, katru tipu reprezentē vismaz 20 audzes. Pūrvaini netika apsekoti, jo, kā liecina literatūras dati, šādos meža augšanas apstākļos sēnes attīstība varētu būt apgrūtināta (Woodward *et al.* 1998). Valdošās sugas īpatsvars analizētajās audzēs ir 10P.

Iegūtie dati sniegs informāciju par sakņu piepes sastopamību pieaugušās priežu audzēs atšķirīgos meža tipos un ļaus prognozēt sakņu piepes izplatību jaunaudzēs, izstrādāt rekomendācijas audžu atjaunošanai. Līdz 2018. gadam apsektas 58 priežu audzes, kalnu koki konstatēti 97 % analizēto audžu, sakņu piepe konstatēta pavisam 13 audzēs (22 %). 2018. gadā apsektas 25 audzes.

3.1. Materiāls un metodika

Darbā izmantotā metodika ir aprakstīta 2. etapa pārskatā. Kopā 2018. gadā apsekoti 24 ha priežu audžu, vadoties pēc iepriekšminētajiem kritērijiem: 6 ha mētrājā, 11 ha lānā, 4 ha damaksnī, 3 ha šaurlapju ārenī un 3 ha šaurlapju kūdrenī. Audžu vecums 81 - 194 gadi.

3.2. Rezultāti

2018. gadā sakņu piepe konstatēta 7 audzēs jeb 28 % analizēto audžu. Tomēr izteikti atvērumi koku vainagu klājā bija izveidojušies tikai divās no analizētajām audzēm un kopā aizņēma mazāk par 0,1 ha, kas aizņem nelielu platību, līdz ar to inficēto koku daudzums ir bijis

neliels. *Armillaria* spp. rizomorfās konstatētas 4 audzēs, bet vienā audzē atrasta stumbru trupi izraisošā sēne *Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill.

Kopš 2016. gada kopā apsekotas 83 audzes un sakņu piepe konstatēta ceturtajā daļā apsekoto audžu (24 % jeb 20 audzēs). Jāatzīmē, ka līdz šim iegūtie dati priežu audzēs būtiska loma infekcijas attīstībā ir eglēm, jo 13 no visām analizētajām audzēm konstatēta arī egļu inficēšanās, lai gan egļu īpatsvars audzēs bija niecīgs (audžu sastāvs 10 P), turklāt 6 audzēs nav atzīmēta neviena inficēta priede, tikai egles. Tas apstiprina egļu augsto uzņēmību pret abām Latvijā sastopamajām sakņu piepes sugām, kas iepriekš secināts, veicot priežu un egļu stādu mākslīgās inficēšanas eksperimentu (Zaluma *et al.*, 2015). Līdz šim iegūtie dati liecina, ka sakņu piepes infekcija biežāk konstatējama Dm meža tipā (8 audzes, kopā inficētas 20 audzes), tomēr apsekoto audžu paraugkopu nepieciešams palielināt, lai izdarītu secinājumus par sakņu piepes sastopamību atšķirīgos meža tipos. Damaksnī atšķirībā no pārējiem sausieņu mežiem ir lielāks egles piemistrojums paaugā, augstāks mitruma režīms un augsnes auglība. Ļoti sausās augsnēs *H. annosum* attīstās reti, bet pārmitrās augsnēs tas nav sastopams (Korhonen and Stenlid, 1998). Turklāt rezultāti, kas iegūti priežu jaunaudzēs (4. nodaļa), liecina, ka līdzšinējais infekcijas fons, apsaimniekošanas režīms veicinājis sakņu piepes attīstību, jo konstatēts, ka 48 % no apsekotajām jaunaudzēm sastopama sakņu piepe (kopā apsekotas 96 audzes). Somu zinātnieku dati liecina, ka infekcija skuju koku audzēs laika gaitā akumulējas. Secināts, ka 20 gadus pēc egļu audzes nociršanas vidēji no viena inficēta iepriekšējās paaudzes celma sakņu kontaktu ceļā infekcija izplatījusies 1,8 jaunās paaudzes kokos (Piri, 2003), lai gan sakņu piepes micēlija attīstība egļu audzēs nepārsniedz 9 – 25 cm gadā (Bendz-Hellgren *et al.*, 1999). Piecās (6%) no 2016. - 2018. gadā analizētajām priežu audzēm konstatētas trupes ligzdas, kas aizņem vairāk nekā 0,1 ha. Atsevišķos pētījumos uzsvērts, ka trupes ligzdas var sasniegt pat 50 m diametru (Korhonen and Holdenrieder, 2005). Lai patogēns izplatītos sakņu kontaktu vietās un izraisītu koku atmiršanu, nepieciešams ilgs laika periods, tomēr, salīdzinot ar citām koku sugām, sakņu piepe priežu sakņu sistēmā attīstās ļoti strauji: vairāk nekā 1 m gadā (Korhonen and Holdenrieder, 2005). Protams, micēlija attīstība ir atkarīga gan no veģetācijas perioda ilguma, augsnes īpašībām un audzes biezības (Woodward *et al.* 1998). Latvijā sakņu piepes micēlija izplatība parasto priežu audzēs nav raksturota, bet iepriekš veiktos pētījumos konstatēts, ka Klinškalnu priedes audzēs aktīvs *Heterobasidion* spp. micēlijs gada laikā palielina aizņemto platību vidēji par 1,3 m² un infekcijas izplatības ātrums var sasniegt pat 3,5 m gadā (Zaluma *et al.*, 2019). Baltkrievijā un Lietuvā veiktos pētījumos atzīmēts, ka priežu mežos vecākās audzēs ir mazāka iespēja inficēties ar *H. annosum* un mazāks inficēto koku skaits (Василяускас, 1989, Fedorov, 1994). Secināts, ka priedes jaunaudžu vecumā raksturo augstāka uzņēmība nekā pieaugušos kokus (Lauska, 1961). Lai noskaidrotu, vai sakņu piepes

infekcija saglabāsies, vai laika gaitā izzudīs un saglabāsies tikai rezistentākie koki, nepieciešams veikt ilgtermiņa pētījumus. 2016. gadā Kalsnavas mežu novadā 210. kv. 15 ha platībā pēc stipri inficētas parastās priedes mežaudzes nociršanas ierīkoti eksperimentālie stādījumi, kur tiks analizēta sakņu piepes infekcijas attīstības dinamika un izvērtēta dažādas izcelsmes stādmateriāla uzņēmība pret sakņu piepes infekciju.

Jāatzīmē, ka septiņās (8 %) no analizētajām priežu audzēm inficēti ne vairāk kā divi koki vai šīs koku paaudzes celmi, un trupes ligzdas vēl nav attīstījušās. Neliels sakņu piepes kolonizēto koku skaits liecina, ka audzes inficējušās ar bazīdijsporām (primārā infekcija) (Swedjemark and Stenlid, 1993). AS Latvijas valsts meži, lai aizsargātu vienā aprites ciklā augošos kokus, veicot krājas kopšanas cirtes izmanto bioloģisko celmu aizsardzības līdzekli Rotstop. Preparāta izmantošana uzsākta 2007. gadā (Kenigshalde *u.c.*, 2011). Rotstop uzrāda augstu efektivitāti priežu celmu aizsardzībā pret sakņu piepi (Kenigshalde *et al.*, 2017) un tiek nodrošināta sakņu piepes primārās infekcijas izplatības ierobežošana.

Bioloģiskais preparāts Rotstop, ierobežo infekcijas izplatību krājas kopšanas cirtēs, tomēr vēl aizvien AS "Latvijas valsts meži" nav rasts risinājums attiecībā par celmu apstrādi galvenajā cirtē. Sekundārās infekcijas efektīvākais ierobežošanas paņēmiens, īpaši ļoti stipri inficētās platībās, ir trupējušo celmu izstrāde (Stenlid, 1987, Vasaitis *et al.*, 2008; Cleary *et al.*, 2012). LVMI Silava tiek veikti pētījumi, lai noskaidrotu, kā celmu izvākšana var ietekmēt citu sēņu bioloģisko daudzveidību. Šobrīd LVMI Silava tiek veikti pētījumi, lai novērtētu trupējušu egļu celmu apstrādes lietderību, līdzīgus datus nepieciešams ievākt arī par lielās pergamentsēnes attīstību trupējušos priežu celmos.

3.3. Secinājumi

1. Līdz šim iegūtie dati liecina, ka sakņu piepe konstatēta bieži: 20 (24 %) no 83 apsekotajām priežu audzēm. Tomēr tikai 6 % no analizētajām audzēm ir izveidojušies sakņu piepes infekcijas centri, kas aizņem vismaz 0,1 ha.

3.4. *Armillaria* spp. attīstība stipri inficētās priežu jaunaudzēs

Lai novērtētu *Armillaria* spp. izplatības dinamiku, 2017. gadā Akmensraga iecirknī ierīkoti trīs parauglaukumi 11 gadus vecās priežu audzēs, kur iepriekšējos pētījumos konstatēta augsta šī patogēna sastopamība. Ierīkoti trīs apļveida parauglaukumi ar rādiusu 7,98 m (3.1. tabula).

3.1. tabula. Cīravas parauglaukumu raksturojums.

Apzīmējums	Koordinātas	Meža tips	Sastāvs	Koku sk., gab.	Kaltušo koku sk., gab.	Celmu sk., gab.
Cīrava 1	294757; 334573	Ln	10P	74	7	9
Cīrava 2*	294300; 334615	Dm	10P	81	9	6
Cīrava 3	294673; 334580	Ln	10P	57	8	12

*2018. gadā netika konstatēti jauni, kaltuši koki

Lai noskaidrotu priežu kalšanu izraisīto patogēnu, ievākti 25 koksnes paraugi un 5 rizomorfu paraugi. Izmantojot molekulārās metodes (Arhipova, 2012), tiks noteikta sēņu suga.

Tomēr 2018. gada veģetācijas sezonā konstatēts, ka kaltušo koku skaits palielinājies tikai divos no trīs analizētajiem parauglaukumiem (Cīrava 1 un Cīrava 3). Tāpēc 2018. gada oktobrī papildus ierīkoti divi apļveida parauglaukumi ar rādiusu 7,98 m Dienvidlatgales reģiona Ābeļu meža iecirknī (302. kv. apg., 33. kv. 25. nog., koord. 614679, 274006 un 614644, 274055) 7 gadus vecā priežu stādījumā, kur konstatēta spēcīga *Armillaria* spp. un *Heterobasidion* spp. infekcija. Parauglaukumos uzmērīti visi koki, atzīmēti kaltušie (un veikta to kartēšana (3.2. tabula) (metodika aprakstīta 1. etapa pārskatā).

3.2. tabula. Ābeļu iecirkņa parauglaukumu raksturojums.

Apzīm.	Koord.	Tips	Sastāvs	Koku sk., gab.	Kaltušo koku sk., gab.		Celm u sk., gab.
					<i>Armillaria</i> sp.	<i>Heterobasidion</i> sp.	
Ābeļu 1	614679	Ln	10P	145	12		4
	274006				5	1	
Ābeļu 2	614644	Ln	10P	119	13		6
	274055				6	3	

Izmantojot programmu Qgis, izveidotas shematiskas kartes (1.,2. pielikums), kuras tiks izmantotas, lai novērtētu infekcijas attīstību turpmākajos gados.

Ņemot vērā, ka Ābeļu iecirknī ierīkotajos parauglaukumos sastopama gan *Heterobasidion* spp., gan *Armillaria* spp. infekcija, šie parauglaukumi sniegs informāciju par abu patogēnu mijiedarbību un agresivitāti.

2019. gadā tiks atkārtoti apsekoti ierīkotie parauglaukumi, kā arī noteikta infekciju izraisīto *Armillaria* spp. suga. 2019. gadā paredzēts ierīkot papildus parauglaukumus atšķirīga vecuma atjaunotajās priežu jaunaudzēs.

4. HETEROBASIDION ANNOSUM IZPLATĪBAS SALĪDZINĀJUMS STĀDĪTĀS UN DABISKI ATJAUNOTĀS PRIEŽU JAUNAUDZĒS

Sakņu piepe sastopama 24 % apsekoto pieaugušo priežu audžu (3. nodaļa), un ņemot vērā sēnes bioloģiju (izplatīšanos sakņu kontaktu ceļā no iepriekšējās paaudzes celmiem uz jaunaudzi kā arī infekcijas saglabāšanos celmos pat vairāk nekā 50 gadus (Woodward *et al.*, 1998)). Atsevišķi autori uzsver, ka *Heterobasidion* spp. izraisītās infekcijas risku novērtēšanu jāveic priežu jaunaudzēs līdz 20 gadu vecumam (Неруцкий, 1986). Tāpēc, lai prognozētu *Heterobasidion* spp. ietekmi uz audzes produktivitāti un kvalitāti nepieciešams noskaidrot patogēna izplatību priežu jaunaudzēs Latvijā.

LVM pētījuma ietvaros ievāktie dati liecina, ka sausieņu mežos sakņu piepe būtiski ($p < 0,001$, $n=69$) biežāk (74 %) konstatējama mākslīgi atjaunotās priežu audzēs ($n=39$). Dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs sakņu piepe sastopama tikai 27 % audžu ($n=30$) (Gaitnieks, 2014; 2016; 2017). Šāda tendence novērojama, neatkarīgi no analizētā meža tipa. Iepriekš veiktajos pētījumos lielākā daļa apsekoto jaunaudžu reprezentēja Austrumu meža reproduktīvā materiāla ieguves apgabalu (50 audzes). Tāpēc 2018. gadā randomizēti atlasītas priežu jaunaudzes (neatkarīgi no to izcelsmes veida), tā, lai iegūtais rezultāts raksturotu sakņu piepes sastopamību sausieņu mežos priežu jaunaudzēs Rietumu meža reproduktīvā materiāla ieguves apgabalā (Dienvidkurzemes un Ziemeļkurzemes reģioni) un ļautu iegūtos datus salīdzināt ar sakņu piepes izplatību Austrumu meža reproduktīvā materiāla ieguves apgabalā.

4.1. Materiāls un metodika

2018. gadā tika apsekotas 25 mākslīgi atjaunotas un 2 dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzes (3. pielikums). Audžu atlases kritēriji: sastāvs – 10P, jaunākas par 20 gadiem, sausieņu mežos, kopšana nav veikta. Darbā izmantotā metodika ir aprakstīta 2. etapa pārskatā. No atsevišķi inficētajiem kokiem tika paņemti koksnes paraugi, no inficēto koku grupām tika paņemts viens paraugs, lai noteiktu piederību sakņu piepes sugai. Sugu noteikšanai izmantotas klasiskās mikrobioloģijas (Korhonen, 1978) un molekulārās metodes (Arhipova, 2012), attiecīgi, somatiskās nesaderības tests un DNS izdalīšana, polimerāzes ķēdes reakcija un sekvencēšana.

4.2. Rezultāti

2018. gadā, no 27 apsekotajām, deviņās (30 %) priežu jaunaudzēs konstatēja *Heterobasidion* spp. augļķermeņus, inficēts 41 koks. Sakņu piepes micēliju izdalīja no 20 kokiem. Izmantojot somatiskās nesaderības testu noteikta 17 izolātu piederība *H. annosum* sugai, 3 izolātu sugu neizdevās noteikt, jo netika novērota sprādzņu veidošanās (2.3. attēls), Tāpēc šiem paraugiem izdalīts DNS, veikta polimerāzes ķēdes reakcija un 2019. gada februārī tiks veikta sekvenēšana.

Iekļaujot datu analīzē visas iepriekš apsekotās priežu jaunaudzes (Gaitnieks, 2014; 2016; 2017), konstatēts, ka sakņu piepe sastopama 46 audzēs jeb 48 % priežu jaunaudzū, būtiski ($p < 0,002$, $n=96$) biežāk sakņu piepe konstatējama mākslīgi atjaunotās priežu jaunaudzēs salīdzinot ar dabiski atjaunotajām, attiecīgi, 59 % un 25 % analizēto audžu. Tā kā selekcionētajam materiālam ir pierādīta straujāka attīstība un labāka koksnes kvalitāte, tad dabiskā atjaunošanās priecī pārsvarā tiek praktizēta nabadzīgās augsnēs (Lazdiņa, 2013).

Konstatēts, ka nav būtiskas atšķirības starp sakņu piepes izplatību Austrumu un Rietumu apgabalā ($p=0,21$, $n=96$), nav konstatējamās būtiskas atšķirības starp sakņu piepes izplatību atšķirīgās vecuma klasēs (5-10 gadi, 11-15 gadi un 16-20 gadi; $p > 0,05$), kā arī nepastāv būtiskas atšķirības sakņu piepes sastopamībā atšķirīgos sausieņu meža tipos (Ln, Dm) ($p > 0,44$), Mr meža tipā apsektas tikai 18 audzes, tāpēc minētajā meža tipā nepieciešams apsekot lielāku skaitu audžu. Ņemot vērā sēnes bioloģiju, mitruma režīms var ietekmēt sēnes sastopamību.

Turpretī būtiskas atšķirības pastāv, ja salīdzina sakņu piepes sastopamību jaunaudzēs un pieaugušās audzēs (3. nodaļa). Būtiski biežāk konstatēta jaunaudzū inficēšanās ($p < 0,001$). Kā jau minēts iepriekš, jaunaudzēs infekcija sastopama divreiz biežāk nekā pieaugušās audzēs, kas skaidrojams gan ar infekcijas fonu pieaugušās audzēs, gan iespējams ar celmu inficēšanos mežizstrādes laikā. Latvijā un Somijā veiktos pētījumos konstatēts, ka mazu dimensiju skuju koku celmos infekcija laika gaitā daļā analizēto celmu izzūd (Brauners 2018 un darbā citētā literatūra), iespējams, ka, palielinoties, koku vecumam, inficēto koku samazinās. Tādēļ lai novērtētu infekcijas attīstību audzēs, kā arī novērtētu saimnieciskās darbības ietekmi uz sakņu piepes izplatību nepieciešams ievākt datus par sēnes sastopamību vidēja vecuma audzēs.

Maksimālais priežu jaunaudzēs konstatētais inficēto koku skaits ir 30 inficēti koki uz hektāru. Lai noteiktu patogēna ekonomisko nozīmību priežu jaunaudzēs un izstrādātu rekomendācijas sakņu trapes izplatības ierobežošanai, nepieciešams ievākt papildus datus ne tikai par sastopamību, bet arī infekcijas izplatības dinamiku audzē un to ietekmējošajiem faktoriem, šādi pētījumi uzsākti 2016. gadā (Gaitnieks, 2016).

Sausieņu mežos priede aizņem 457 tūkst. ha jeb 50 % no priežu mežu kopējās platības (Baumanis *u.c.*, 2014). Lai noteiktu sakņu piepes sastopamību priežu jaunaudzēs slapjajos, purvainos, āreņos un kūdreņos un analizētu, vai pastāv būtiskas atšķirības, salīdzinājumā ar sausieņu mežiem, 2019. gadā nepieciešams veikt sakņu piepes sastopamības novērtējumu audzēs, kas raksturo attiecīgos meža tipus. Pamatojoties uz iepriekš iegūtajiem rezultātiem, datu analīzei var izdalīt atsevišķas grupas – dabiski un mākslīgi atjaunotās mežaudzes, bet mazāk noteicošie ir tādi faktori kā meža tips, jaunaudzes vecums un meža reproduktīvā materiāla ieguves apgabals.

4.3. Secinājumi

1. Sakņu piepe konstatēta 46 priežu jaunaudzēs jeb 48 % no apsekotajām audzēm, būtiski ($p < 0,05$) biežāk sakņu piepe izplatīta mākslīgi atjaunotās priežu jaunaudzēs.
2. Priežu jaunaudzēs sakņu piepe konstatēta divreiz biežāk (48 % : 24 %), salīdzinājumā ar pieaugušām priežu audzēm, atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$), tomēr maza diametra skuju koku celmos primārā sakņu piepes infekcija ar laiku var būtiski samazināties.

5. AUGSNES APSTRĀDES IETEKMES NOVĒRTĒJUMS UZ *HETEROBASIDION* SPP. SASTOPAMĪBU:

Heterobasidion sastopamības novērtējums inficēto sakņu fragmentos

Sakņu piepes *Heterobasidion* spp. sekundārā izplatība starp inficētu koku/celmu saknēm un veselu augošu koku saknēm notiek to kontaktu vai saaugumu vietās. Sēne spēj augt tikai koksnes substrātā (Hodges, 1969). Iestādot stādus blakus inficētiem celmiem, ar laiku tie var tikt inficēti ar *Heterobasidion* micēliju (Piri, 1996). Sakņu trupes izplatības ierobežošanai var tikt izmantotas vairākas metodes, no kurām par vienu no efektīvākajām tiek uzskatīta celmu izstrāde (Vasaitis *et al.*, 2008). Tomēr arī veicot celmu izstrādi, nav iespējams pilnībā izvākt visus sakņu fragmentus no augsnes. Arī pēc celmu izraušanas, to daļas un ar *Heterobasidion* inficēti sakņu fragmenti paliek augsnē.

Iepriekš Somijā ir veikts pētījums par ar *H. parviporum* inficētu sakņu fragmentu lomu stādu inficēšanā pēc celmu izstrādes audzēs uz minerālaugsnēm (Piri and Hamberg, 2015), tomēr pētījums neiekļauj audzes uz kūdras augsnēm. Ņemot vērā Latvijas meža tipoloģisko struktūru, kur samērā lielas egļu audžu platības ir uz kūdras augsnēm, mūsu pētījuma ietvaros 2017. gada jūnijā ierīkots eksperiments ar mērķi novērtēt, cik ilgi inficētos sakņu fragmentos saglabājas *Heterobasidion* micēlijs un vai augsnē palikuši trupējuši egles sakņu fragmenti spēj inficēt blakus esošos priežu un egļu stādus audzēs uz kūdras augsnēm.

5.1. Materiāls un metodes

Eksperimentālā materiāla sagatavošanai 2017. gadā izvēlētas 12 trupējušas ar sakņu piepi inficētas egles Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novada 201. kvartāla 1. nogabalā. Tā paša gada pavasarī, pēc koku nozāģēšanas visu izvēlēto egļu saknes tika atraktas, atzāģētas no celmiem un nogādātas LVMI Silava. No katra celma un visām tā saknēm eksperimenta sākumā paņemti koksnes paraugi un *Heterobasidion* micēlijs izdalīts tīrkultūrā. Iegūtie sēnes izolāti savstarpēji krustoti, lai noteiktu to piederību vienam vai vairākiem genotipiem (Stenlid, 1985). Eksperimentā izmantoti sakņu fragmenti, kas reprezentē četrus ģenētiski atšķirīgus sēnes genotipus. Saknes sazāģētas dažāda izmēra nogriežņos, tos pēc tilpuma iedalot četrās grupās (50 – 300 cm³). 2017. gada jūnijā AS “Latvijas valsts meži” Zemgales reģiona Klīves iecirkņa 609. kvartālapgabalā trīs nogabalos ierīkoti 12 parauglaukumi (6 reprezentēja priežu un 6 egļu stādus), blakus 304 stādiem (151 priežu un 152 egļu) ierokot kopumā 704 inficētus sakņu

fragmentus. Eksperimentā izmantoti stādījumi, kas ierīkoti “Meža atjaunošanas, ieaudzēšanas un kopšanas programmas” ietvaros. Detalizētāks eksperimenta dizains aprakstīts pētījuma “Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” 2. etapa pārskatā.

2018. gada jūnijā, gadu pēc eksperimenta ierīkošanas, veikta parauglaukumu apsekošana: novērtēts, cik priežu un egļu stādi ir gājuši bojā, ievākti bojā gājušie skuju koku stādi un tiem blakus ieraktie sakņu fragmenti, lai noteiktu *Heterobasidion* micēlija dzīvotspēju. Nokaltušo egļu un priežu stādu sakņu sistēma novērtēta vizuāli un sakņu paraugi no tiem netika ievākti. Ievāktie, iepriekš ieraktie trupējušie sakņu fragmenti nomazgāti zem tekoša ūdens. No tiem ar cirvi atdalīti koksnes paraugi. Koksnes paraugi izcirsti no sakņu fragmentu vidus daļas, lai samazinātu augsnē esošo sēņu infekcijas ietekmi uz eksperimenta rezultātiem. Iegūtie koksnes paraugi sterilizēti liesmā un uzlikti uz Petri platēm iesala-agara barotnē. No tiem augošais *Heterobasidion* micēlijs izdalīts tīrkultūrā. Iegūtais sēnes micēlijs, izmantojot somatiskās saderības testu (Stenlid, 1985), tika salīdzināts ar *Heterobasidion* tīrkultūru no attiecīgā sēnes genotipa, kas noteikts pirms eksperimenta ierīkošanas.

5.2. Rezultāti un diskusija

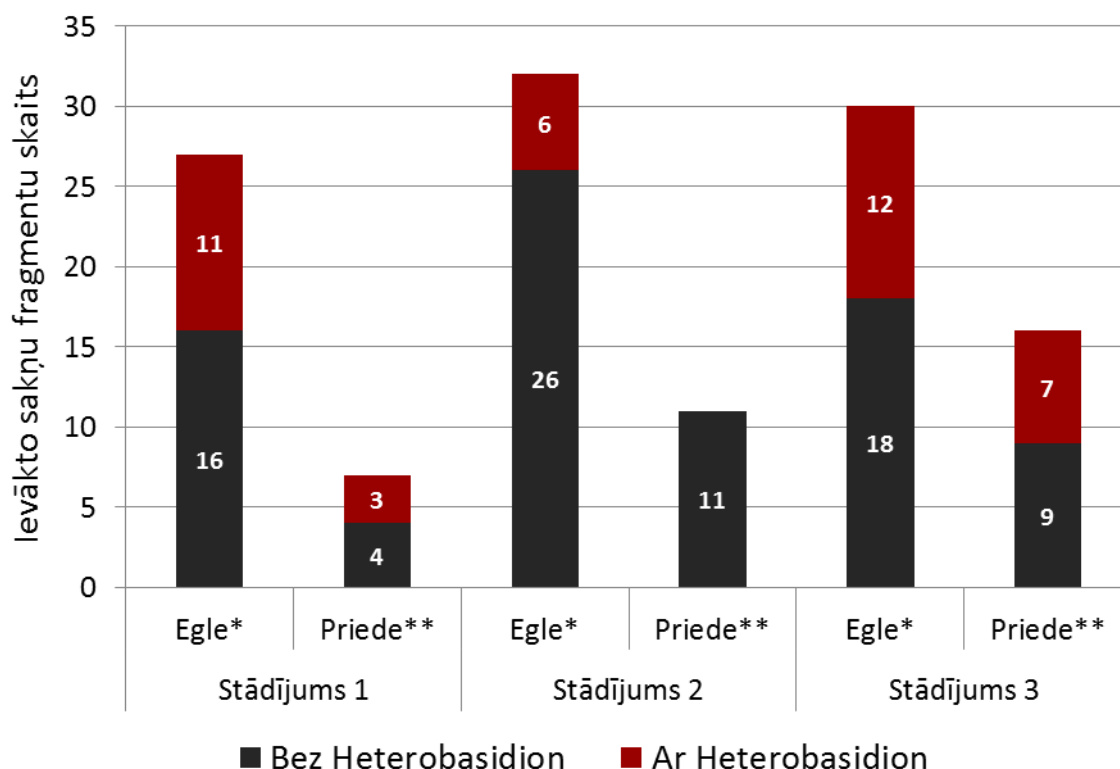
2018. gada jūnijā ievākti pie 57 nokaltušiem stādiem (40 egļu un 17 priežu stādiem) ieraktie sakņu fragmenti (5.1. tabula). Platību atjaunošanai tika izmantoti egļu un priežu ietvarstādi. Veicot parauglaukumu apsekošanu un ievācot nokaltušos stādus, novērots, ka daļa stādu bija izcilāti, turklāt saknes nebija izaugušas ārpus konteinera kūdras substrāta. Iepriekš sagatavotie sakņu fragmenti eksperimenta sākumā tika novietoti apmēram 10 cm attālumā no stādiem, tādēļ domājams, ka tie netika inficēti ar sakņu piepes micēliju un to bojāejai ir citi iemesli. Arī T. Piri un L. Hambergas (Piri and Hamberg, 2015) pētījumā konstatēts, ka pirmie egļu un priežu stādi tiek inficēti tikai pēc 4,5 gadiem. 2017. gada rudens bija nokrišņiem bagāts, un izvēlētajās audzēs ilgstoši bija augsts gruntsūdens līmenis, kas varēja ietekmēt stādu dzīvotspēju. Arī augiem radītais stress, blakus ierokot koksnes gabalus, varēja ietekmēt stādu vitalitāti.

Daļai stādu nebija iespējams atrast visus pie tiem ieraktos sakņu fragmentus. Kopā no 152 izvietotajiem sakņu fragmentiem atrasti un ievākti 123: 89 blakus nokaltušiem egļu stādiem, 34 no nokaltušiem priežu stādiem.

5.1. tabula. 2018. gadā ievākto stādu un paraugu raksturojums.

Sakņu tilpuma grupa, cm ³	Egle			Priede		
	Nokaltušo stādu skaits	Ievākto paraugu skaits	Sakņu paraugi ar <i>Heterobasidion</i> skaits / %	Nokaltušo stādu skaits	Ievākto paraugu skaits	Sakņu paraugi ar <i>Heterobasidion</i> skaits / %
50	8	26	4 / 15,4	3	8	1 / 12,5
100	11	22	5 / 22,7	4	7	3 / 42,9
200	7	14	0 / 0	6	11	3 / 27,3
300	14	27	20 / 74,1	4	8	3 / 37,5
Kopā	40	89	29 / 32,6	17	34	10 / 29,4

Nokaltušo egļu stādu bija vairāk nekā priežu stādu visos trīs analizētajos stādījumos (5.1. attēls). Arī stādījumā ārpus izveidotajiem parauglaukumiem tika novērota intensīvāka egļu stādu nokalšana, salīdzinājumā ar priežu stādiem. Tas norāda, ka, iespējams, egļu stādi ir mazāk noturīgi pret stresa apstākļiem: sausums uzreiz pēc iestādīšanas, mainīgs mitruma režīms, augsnes izmaiņas, kas radušās, iestrādājot augsnē inficētos sakņu fragmentus utt.



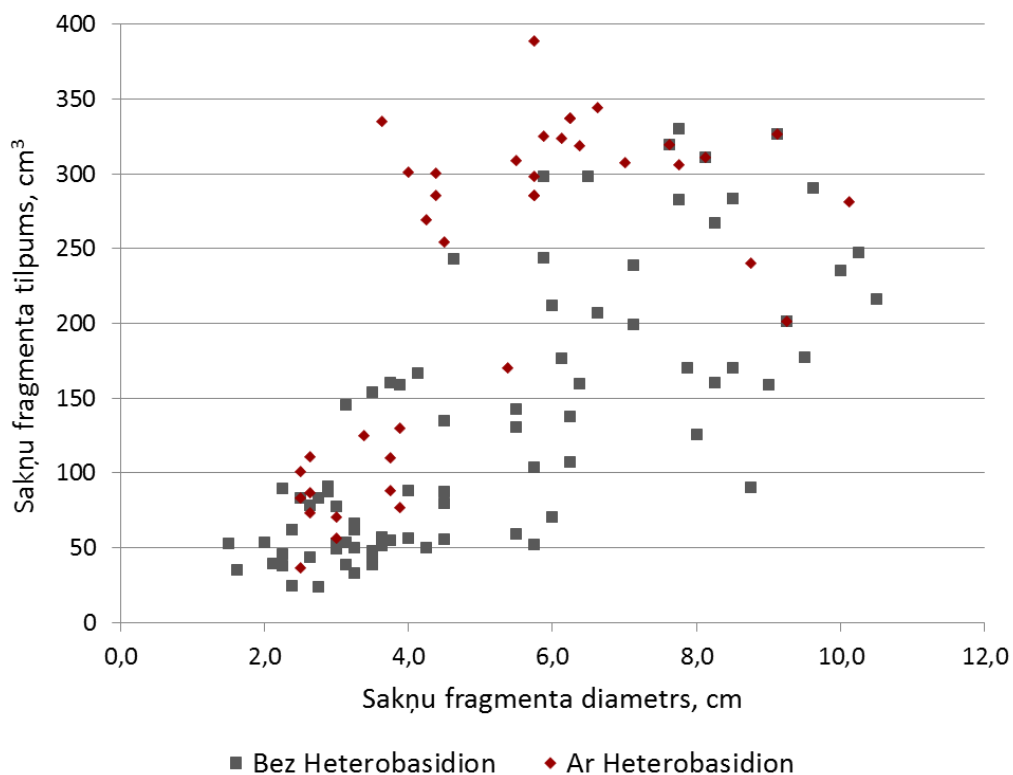
* Trupējušie sakņu fragmenti, ierakti blakus egļu stādiem;

** Trupējušie sakņu fragmenti, ierakti blakus priežu stādiem.

5.1. attēls. Ievākto iepriekš ierakto sakņu fragmentu skaits bez un ar dzīvotspējīgu *Heterobasidion* micēliju vienu gadu pēc eksperimenta ierīkošanas.

Lai noskaidrotu *Heterobasidion* dzīvotspēju inficētās saknēs, eksperimentā tika izmantotas saknes no kalnu eglēm. Daļa izmantoto sakņu jau bija trupējusi un tāpēc gadu pēc sakņu ekspozīcijas augsnē atsevišķām saknēm bija nolobījusies miza, tās bija izžuvušas. *Heterobasidion* konstatēts un izdalīts no 39 jeb 31,7 % analizēto augsnē iepriekš ierakto sakņu fragmentu. Secināts, ka 32 no 39 (82 %) izdalītajām *Heterobasidion* tīrkultūrām pieder pie sēnes genotipa, kas sākotnēji noteikts inficētajos sakņu fragmentos. Lai apstiprinātu pārējo 7 izolātu piederību kādam no genotipiem, nepieciešams veikt papildu analīzes.

Sakņu fragmentu tilpums, no kuriem izdevās izdalīt dzīvotspējīgu micēliju variē no 37 līdz 389 cm³ (vidēji 229 cm³) (5.2. attēls). Visretāk dzīvotspējīgs *Heterobasidion* micēlijs izdalīts no mazākā tilpuma sakņu fragmentiem – tiem, kas iekļauti 50 cm³ grupā. No ievāktajiem sakņu paraugiem šajā grupā *Heterobasidion* micēliju izdevās izdalīt no attiecīgi 15,4 un 12,5 % pie eglēm un priedēm izvietoto sakņu fragmentu (vidēji 14,7 %). *Heterobasidion* netika izdalīts no sakņu fragmentiem, kuru diametrs mazāks par 2 cm. Analizētajos sakņu fragmentu kopās (tilpums: 100, 200 un 300 cm³) to sakņu īpatsvars, kuros bija saglabājies *Heterobasidion* micēlijs sastādīja attiecīgi 27,6, 12 un 65,7 %. Nelielais analizēto paraugu skaits vēl neļauj izdarīt secinājumus par *Heterobasidion* micēlija saglabāšanās ilgumu trupējušos sakņu fragmentos.



5.2. attēls. Analizēto sakņu fragmentu tilpums atkarībā no to diametra fragmentiem, ar un bez atkārtoti izdalīta *Heterobasidion* micēlija.

Turpmākajā pētījuma izpildes laikā plānots novērtēt eksperimentā izmantoto egļu un priežu stādu izdzīvotību, *Heterobasidion* saglabāšanās ilgumu sakņu fragmentos un spēju inficēt skuju koku stādus.

5.3. Secinājumi

1. Pēc 1 gada sakņu piepes micēlijs tika atkārtoti izdalīts no 32% ierakto trupējušo egļu sakņu fragmentu. 82 % gadījumu tas ir ģenētiski vienāds ar sēnes micēliju, kas izdalīts pirms eksperimenta ierīkošanas.
2. *Heterobasidion* micēlijs netika izdalīts sakņu fragmentiem, kuru diametrs mazāks par 2 cm, tomēr tas spēj vienu gadu saglabāt dzīvotspēju sakņu gabalos, kuru tilpums ir vismaz 37 cm³ (diametrs 2,5 cm).

6. *Heterobasidion* spp. IZPLATĪBA MAZA DIAMETRA ATŠĶIRĪGU AUGSTUMU SKUJU KOKU CELMOS

Heterobasidion spp. attīstība celmos ir tiešā veidā saistīta ar mikroklimatu koksnē. Maza diametra celmi ātrāk izzūst, kas būtiski ietekmē sakņu piepes micēlija attīstību (Bendz-Hellgren *et al.*, 1998). Mitruma saturs un pieejamā koksnes substrāta daudzums palielinās, bet pieejamās atklātās koksnes laukums samazinās, pieaugot celma augstumam, kas var ietekmēt *Heterobasidion* spp. sporu dīģšanu un micēlija tālāku augšanu. Augstos celmos sēnei nepieciešams ilgāks laiks, lai sasniegtu sakņu sistēmu un varētu inficēt blakus augošos kokus (Gunulf *et al.*, 2012).

6.1. Materiāli un metodes

2016. gada augusta beigās ierīkots eksperiments trīs priežu jaunaudzēs MPS, apstrādājot 300 divu augstumu (15 un 50 cm) priežu celmus. Eksperimenta ierīkošanas metodika plašāk aprakstīta 2016. gada pārskatā “Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte”.

Visi ierīkotie parauglaukumi apsekoti 2018. gada maijā un celmi atkārtoti marķēti ar plastikāta lentēm. Maijā un jūnijā pirmajā un otrajā parauglaukumā ievākti paraugi no 30 apstrādātiem un 30 neapstrādātiem celmiem; trešajā parauglaukumā ievākti paraugi no 30 neapstrādātiem celmiem. Paraugi ievākti, ar motorzāģi sazāģējot celmus 2-7 cm biežās ripās, kas nogādātas analīzei laboratorijā.

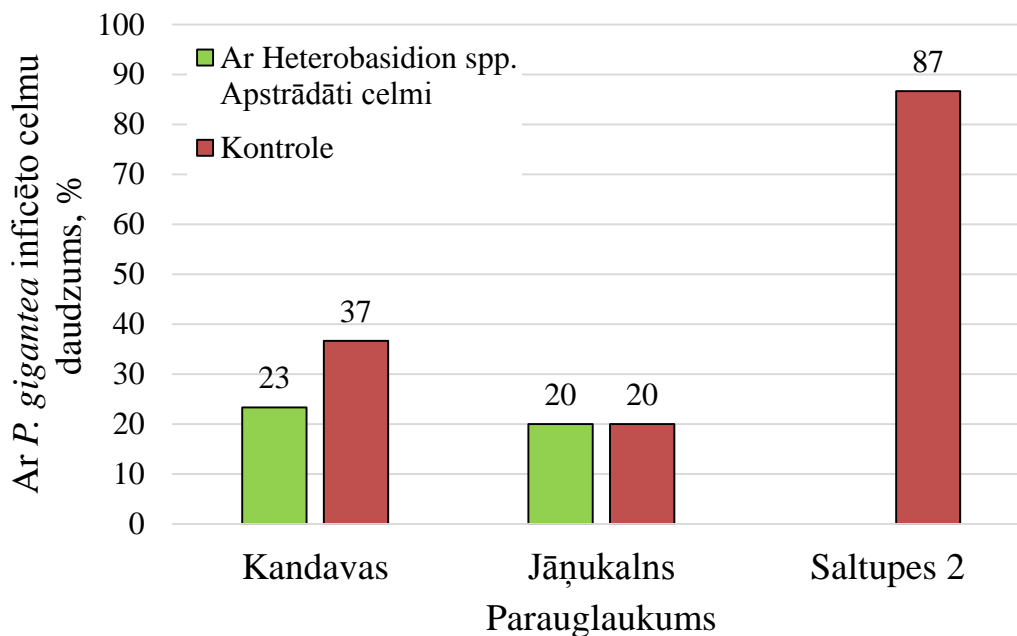
Ievāktās ripas apstrādāja pēc iepriekš minētās metodikas (1.1.3. punkts). Uz ripas virsmas, izmantojot ūdens noturīgos marķierus, tika atzīmēts *Heterobasidion* spp. aizņemtais laukums (atzīmējot 0,7x0,7 cm režģa rūtiņas, kurās konstatēts vismaz viens konīdijnesējs) un *P. gigantea* tipiskais micēlijs un koksnes krāsojums.

No koksnes paraugiem tika izdalītas *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* tīrkultūras; *Heterobasidion* spp. tīrkultūras tiks salīdzinātas ar oriģinālajiem izolātiem, izmantojot somatiskās saderības testu.

2018. gada augustā un septembrī visi ierīkotie parauglaukumi atkārtoti apsekoti un marķēti, lai sagatavotos paraugu ievākšanai. 2018. gada oktobrī, novembrī un decembrī ievākti atlikušie paraugi no visiem trim parauglaukumiem. Tie apstrādāti un analizēti atbilstoši jau 1. nodaļā aprakstītajai metodikai. 2019. gadā plānots veikt 2018. gada nogalē iegūto paraugu analīzi un datu apstrādi.

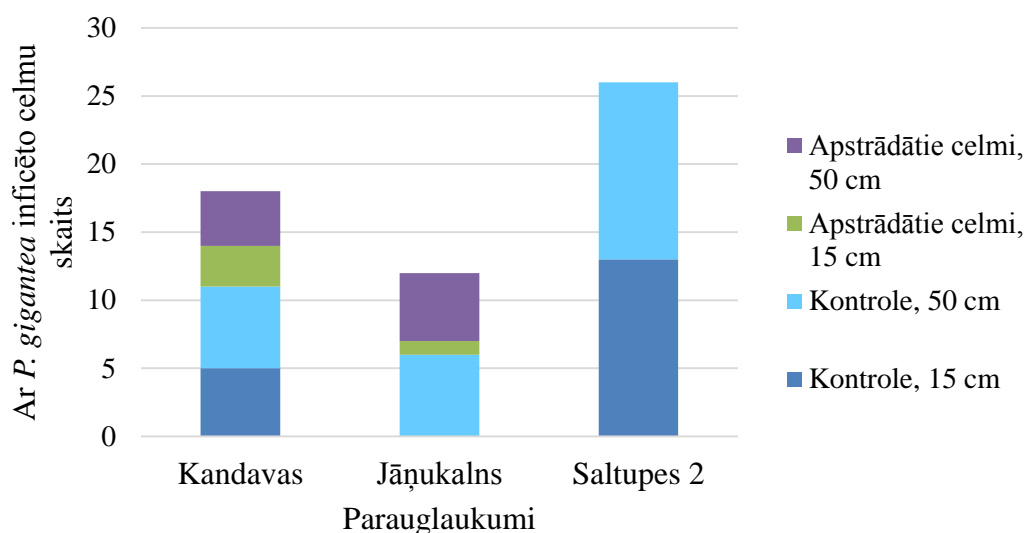
6.2. Rezultāti

Apkopojot 2018. gada vasaras sākumā ievāktos datus secināts, ka visos trīs parauglaukumos ir bijis augsts dabiskās lielās pergamentsēnes sporu fons, jo sēne attīstījies gan kontroles celmos, gan celmos, kas apstrādāti ar *Heterobasidion* spp. sporu suspensiju (6.1. attēls).



6.1. attēls. Ar lielo pergamentsēni inficēto celmu procentuālais daudzums parauglaukumos, kontroles un apstrādātajos celmos.

Analizējot celmu augstuma ietekmi uz *P. gigantea* infekciju konstatēts, ka divos parauglaukumos inficēto celmu sadalījums ir līdzvērtīgs: parauglaukumā “Saltupes 2” dabiskā *P. gigantea* inficējusi vienādu skaitu augsto (50 cm) un zemo (15 cm) celmu; “Kandavas” parauglaukumā celmu sadalījums ir nebūtiski atšķirīgs. Nozīmīgāka atšķirība *P. gigantea* inficēto celmu sadalījumā konstatēta parauglaukumā “Jāņukalns”, kurā tikai viens 15 cm augsts celms inficēts ar pergamentsēni (6.2. attēls).



6.2. attēls. Ar *P. gigantea* inficēto celmu skaits atkarībā no celmu augstuma (15 un 50 cm).

2018. gada nogalē apsekojot parauglaukumus uz vairākiem eksperimentā izmantotajiem celmiem konstatēti *P. gigantea* augļķermeņi (6.3. attēls), pastiprinot jau esošo sporu fonu audzē.



6.3. attēls. Kontroles celms, uz kura attīstījies *P. gigantea* augļķermenis parauglaukumā “Saltupes 2”.

Dabiskā *Heterobasidion* spp. infekcija konstatēta tikai vienā no parauglaukumiem (“Kandavas”), kurā inficēti četri kontroles celmi (divi 15 cm augsti un divi 50 cm). Parauglaukums “Kandavas” arī ir vienīgais, kurā jau iepriekš konstatēta *Heterobasidion* spp. attīstība ar sporu suspensiju apstrādātajos celmos – sakņu piepe attīstījies vienā 15 cm

augstajā celmā un divos 50 cm augstajos celmos (no koksnes iegūta sēnes tīrkultūra un salīdzināta ar oriģinālo *Heterobasidion* spp. izolātu ar kuru apstrādāts celms). Vienā no celmiem *Heterobasidion* spp. konstatēts tikai 50 cm dziļumā – pēdējā ripā pirms sakņu kakla, kas varētu liecināt par to, ka infekcijas avots varētu būt nevis celma apstrāde, bet inficētas saknes. Tomēr arī citu autoru pētījumi liecina, ka *Heterobasidion* spp. micēlija attīstība skuju koku celmos var būt ļoti nevienmērīga- trupes kolonna dažkārt nav vienlaidus, bet ir sadalījusies (Redfern, 1993). Pēc tīrkultūras izolēšanas un salīdzināšanas ar sākotnējo izolātu “V Ma 15”, konstatēts ka abas tīrkultūras ir somatiski saderīgas, līdz ar to, trupes izcelsme ir celma apstrāde.

Iegūtos sākotnējos rezultātus par *Heterobasidion* spp. attīstību mazu dimensiju priežu celmos iespējams nosaka celmu apstrādei izvēlēto *Heterobasidion* spp. izolātu atšķirības, jo vasaras sākumā no šī parauglaukuma ievākti visi celmi, kas apstrādāti ar izolātu “V Ma 15”, tādēļ iegūtos datus nepieciešams salīdzināt ar 2018. gada nogalē ievākto materiālu, kad analizēti visi minētā parauglaukuma celmi, kas apstrādāti ar sakņu piepes izolātu “2.1.H.a.Kalsnava”. Salīdzinot abu izolātu attīstību celmos būs iespējams noteikt, vai izolāta “agresivitāte” ietekmē sakņu piepes attīstību.

7. *P. GIGANTEA* MICĒLIJA ATTĪSTĪBAS PĀRBAUDE TRUPĒJUŠĀ EGLES KOKSNĒ

Lai samazinātu *Heterobasidion* spp. primāro infekciju, svaigi skuju koku celmi tiek apstrādāti ar bioloģiskajiem preparātiem (Gonthier and Nicolotti, 2013). Vairākos pētījumos konstatēts, ka kokā, kurš jau inficēts ar *Heterobasidion* spp., trupes izplatība saknēs pēc koka nozāģēšanas pieaug līdz pat trim reizēm salīdzinot ar tās izplatību augošu koka saknēs (Bendz-Hellgren *et al.*, 1999; Pettersson *et al.*, 2003). Tā kā sakņu kontakti būtiski veicina sakņu piepes izplatību audzē, būtu nozīmīgi samazināt vai pilnībā ierobežot sakņu piepes micēlija attīstību saknēs, samazinot iespēju inficēt apkārt augošos kokus.

Ir samērā maz pētījumu par *P. gigantea* ietekmi un *Heterobasidion* jau trupējušos celmos. Zviedrijā veiktie pētījumi parādīja, ka celmu apstrāde ar Rotstop būtiski neietekmē *Heterobasidion parviporum* attīstību mākslīgi inficētos egļu celmos trīs gadus pēc inokulācijas. Tomēr, novērtējot eksperimenta rezultātus pēc pieciem gadiem, tika novērota tendence, ka, salīdzinājumā ar kontroli, *H. parviporum* inficēto sakņu skaits samazinājās ar Rotstop apstrādātajos celmos (Pettersson *et al.*, 2003).

Heterobasidion spp. kolonizējot koku no sakņu kontaktiem primāri aizņem kodolkoksni (Oliva *et al.*, 2013; Morrison and Redfern, 1994), savukārt mūsu iepriekš realizētie pētījumi parāda, ka *P. gigantea* pamatā attīstās aplievas koksnē. Mūsu pētījumā pārbaudīta *P. gigantea* attīstība jau trupējušos egļu celmos, lai novērtētu šādu celmu apstrādes lietderību.

7.1. Metodes

Lai novērtētu *P. gigantea* attīstību trupējušā egles koksnē, Vidusdaugavas reģiona Ogres un Kokneses iecirknī divās audzēs pēc galvenās cirtes (7.1. tabula) 2017. gada jūlijā un augustā ierīkoti divi parauglaukumi, kuros celmi apstrādāti ar *P. gigantea* (Rotstop izolāts).

7.1. tabula. Parauglaukumu raksturojums.

Kvartālu apgabals	Kv.	Nog.	Platība, ha	Meža tips	Sugu sastāvs	Audzės vecums, gadi	Mežizstrādes veikšanas mēnesis
501	368	4	3,77	Dm	6E 3P 1B	99	maijs
503	372	1	2,32	As	7E 1B 1M	90	jūnijs

Eksperimentam izmantoti trupējuši un veselie egļu celmi. Katrā parauglaukumā tika apstrādāti 60 celmi: 40 trupējuši celmi un 20 kontroles celmi bez trupes pazīmēm (kopā 120 celmi). Celmiem atzīmēta trupes intensitāte trīs klasēs (1 – koksnes iekrāsojums, bet bez

struktūras izmaiņām; 2 – koksnes iekrāsojums un konstatējamas struktūras izmaiņas, 3 – izmainīta koksnes struktūra, tā kļuvusi mīksta vai arī celmā iztrupējis vidus). Visi celmi marķēti ar plastikāta zīmītēm un krāsu. Laika apstākļi parauglaukumu ierīkošanas dienās bija saulaini, bez nokrišņiem, vidējā diennakts gaisa temperatūra +16 °C.

2018. gada pavasara beigās/vasaras sākumā tika apsekoti parauglaukumi, lai atrastu un atkārtoti marķētu eksperimentā izmantotos celmus. “Kokneses” parauglaukumā (503-372-1) tika atrasti visi celmi, bet “Ogres” parauglaukumā (501-368-4) 2017. gada septembrī veikta augsnes sagatavošana un egļu stādīšana, tādēļ izdevās atrast tikai 80 % no eksperimentā izmantotajiem celmiem.

2018. gada vasarā ievākti celmu paraugi. Pirms paraugu ievākšanas “Ogres” parauglaukumā visiem celmiem novērtēts augsnes sagatavošanas tehnikas izraisīto bojājumu apjoms (0 % bojātas celma vai virszemes sakņu virsmas, <5 %, <50 %, >50 %, >95 %). Pēc celmu novērtēšanas, no katra celma tika nozāģētas divas ripas, pirmā ripa netika izmantota eksperimentā, savukārt otra ripa tika numurēta, atzīmēta tās augšējā un apakšējā daļa. Katrai ripai un trupes aizņemtajam laukumam izmērīti divi diametri perpendikulāri viens otram. Visi paraugi nogādāti LVMI Silava apstrādei un analīzei.

Laboratorijā ripas tika nomizotas, nomazgātas zem tekoša ūdens un inkubētas istabas temperatūrā nenoslēgtos polietilēna maisiņos. Pēc inkubācijas ripas tika analizētas izmantojot stereomikroskopu. *P. gigantea* aizņemtā laukums tika apzīmēts ar marķieri un pārzīmēts uz caurspīdīgas plēves, tālākai laukumu mērīšanai izmantojot planimetru. Katrā analizētajā ripā tika novērtēta *Heterobasidion* spp. konīdijnesēju klātbūtnē (ir/nav). Primāri tika analizēta ripas apakšpuse, bet ripas augšpuse apsekota tikai gadījumā, ja apakšpusē netika novērota *P. gigantea*. Tika izdalīts *P. gigantea* micēlijs un uz Petri plates salīdzināts ar Rotstop sastāvā esošo *P. gigantea* izolātu.

7.2. Rezultāti

Analizējot ievāktos paraugus un nosakot tiem trupes laukumu (7.2. tabula) piecos no kontroles celmiem (4 “Kokneses” p.l., 1 “Ogres” p.l.) konstatēta trupējusi kodolkoksne. Celmu kodolkoksne trupējusi vienmērīgi iekrāsotos laukumos no 8 līdz 25 centimetriem diametrā, kas liecina, ka trupes izraisītājs nav sporu infekcija, kas notikusi pēc eksperimenta ierīkošanas, bet inficēšanās avots ir celma saknes, tādēļ šie kontroles grupas celmi netika izmantoti tālākajā datu analīzē. Eksperimentu ierīkojot, trupe celmos netika konstatēta, ko iespējams izskaidrot ar to, ka tā nebija izplatījusies koksne līdz zāģēšanas augstumam.

7.2. tabula. Koksnes paraugus raksturojošie parametri.

Celmu veids	Ripas laukums, cm ²	Trupējušās koksnes laukums, cm ²	Netrupējušās koksnes laukums, cm ²	Celmā analizētais dziļums, cm
Trupējušie	1465,26 ± 94,14	762,92 ± 67,01	702,34 ± 64,59	20,37 ± 0,57
Kontroles	1139,00 ± 106,17	0,00	1139,00 ± 106,17	21,43 ± 1,23

No kontroles celmiem, 80% bija attīstījis *P. gigantea* micēlijs, bet no trupējušajiem celmiem 57,3% (7.3. tabula). Analizējot iegūtos datus, katrā celmā aprēķināts *P. gigantea* sporu attīstībai pieejamās koksnes laukums, atņemot no celma virsmas kopējā laukuma trupējušās koksnes laukumu. Konstatēts, ka *P. gigantea* vidējais aizņemtais koksnes laukums trupējušos celmos ir lielāks nekā kontroles celmos, taču šī atšķirība nav būtiska ($p > 0,05$).

7.3. tabula. *P. gigantea* micēlija aizņemtais vidējais laukums paraugos.

	Kontrol e	Trupējušie celmi kopā, cm ²	1. trapes klases celmi, cm ²	2. trapes klases celmi, cm ²	3. trapes klases celmi, cm ²
<i>P. gigantea</i> laukums netrupējušajā koksnē, %	2,79 ± 0,97	3,16 ± 0,80	1,17 ± 0,53	3,78 ± 1,32	4,38 ± 1,87
Paraugu skaits grupā	35	75	21	40	14
Celmu daudzums, kuros attīstījusies <i>P. gigantea</i> , %	80,0	57,3	52,4	55,0	71,4

Salīdzinot nevis vidējo *P. gigantea* laukumu visā paraugkopā bet celmos, kuros sēne vispār attīstījusies, šī atšķirība, kaut gan joprojām nav būtiska ($p > 0,05$), ir vēl lielāka: trupējušajos celmos 5,64 % un kontroles celmos 3,75 %. Līdzīga korelācija novērota arī analizējot *P. gigantea* micēlija attīstību trupējušajos celmos dalot tos pēc koksnes sadalīšanās pakāpes – pieaugot trapes intensitātei celmos, palielinās *P. gigantea* vidējais aizņemtais laukums celmā, taču arī šīs atšķirības nav būtiskas. Turklāt celmu skaits, kas raksturoja dažādas trapes intensitātes klases, bija atšķirīgs, piemēram, spēcīgi trupējuši (3. klase) bija tikai 14 celmi. Turpmākajā darbā, nepieciešams veikt plašākus pētījumus, izmantojot lielāku skaitu celmu, kas atbilst 3. izdalītajai sadalīšanās pakāpei.

P. gigantea attīstība pēc celmu apstrādes ar Rotstop bioloģiskās aizsardzības līdzekli bija līdzvērtīga gan sākotnēji netrupējušos celmos, gan trupējušos, kas liecina par trupējušu celmu apstrādes lietderību. Lai tālāk pārbaudītu trupējušu celmu apstrādes efektivitāti, nepieciešams analizēt *P. gigantea* attīstību ne tikai celma virszemes daļā, bet arī sakņu sistēmā, salīdzinot

Heterobasidion spp. spēju izplatīties saknēs, kuras daļēji vai pilnībā kolonizējis *P. gigantea* micēlijs.

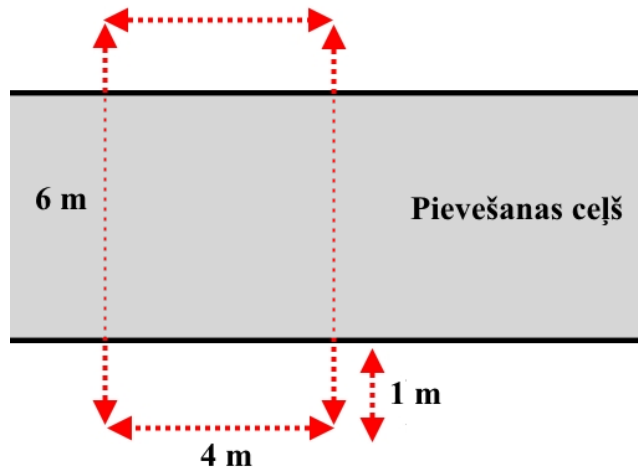
8. MEŽIZSTRĀDES ATLIEKU UZSKAITE UN TRUPĒJUŠĀS KOKSNES APJOMA NOVĒRTĒJUMS EGLŪ AUDZĒS PĒC KRĀJAS KOPŠANAS UN GALVENĀS CIRTES

MK noteikumos Nr. 947 noteikts, ka: “Lai ierobežotu sakņu trupi izraisošās sēnes *Heterobasidion annosum* s.l. (sakņu piepes) izplatību, cērtot kokus, no meža izvāc zaļu trupējušu egles koksni (izgāztas, lauztas egles, lielu apmēru ciršanas atliekas (diametrs 10-50 centimetru)”. 2016. gadā tika uzsākts pētījums, lai noskaidrotu liela diametra svaigu, trupējušu egles koksnes sastopamību egļu audzēs pēc krājas kopšanas un galvenās cirtes.

8.1. Metodika

2016. un 2017. gadā iesākts pētījums, lai novērtētu mežā atstāto trupējušās egles koksnes atlieku daudzumu. 2018. gadā Dienvidkurzemes un Ziemeļkurzemes reģionos papildus izvēlēti 12 nogabali, kur iepriekš veikta galvenā cirte, un 12 nogabali, kur veikta krājas kopšanas cirte. Apsekošanai izvēlētajos nogabalos mežizstrāde veikta 2017. gadā. Iepriekšējos gados (pētījuma 1. un 2. etaps) iegūtie rezultāti liecina, ka mežā atstāto trupējušo atlieku īpatsvars ir mazs. Līdz šim apsekoti septiņi dažādi meža tipi sausieņu, slapjainu un nosusinātajos mežos, uzskaitē šajos meža tipos turpināta arī 2018. gadā. Atsevišķās audzēs mežizstrādes atliekas bija sakrautas kaudzēs, kas paredzētas izvešanai no meža, šīs audzes analīzēs netika iekļautas.

Trupējušās egles atliekas uzskaitītas pēc tādas pašas metodikas kā 2016. un 2017. gadā (pētījuma 1., 2. etaps). Atlieku uzskaitē un uzmērīšanai izveidoti parauglaukumi uz pievešanas ceļiem (4 x 6 m), turklāt tie ietver ne tikai pievešanas ceļu, bet metru uz abām pusēm no ceļa. Šādi parauglaukumi audzē izvietoti uz pievešanas ceļa ik pēc 40 metriem (8.1. attēls).



8.1. attēls. Uz pievešanas ceļa izvietotā parauglaukuma shēma.

Analizētajos nogabalos ierīkoti 4 - 13 parauglaukumi (8.1. tabula). To skaits nogabalā bija atkarīgs no kopējā pievešanas ceļu garuma. Katrā parauglaukumā uzskaitītas un uzmērītas visas egles un papildus informācijai arī priedes mežizstrādes atliekas, kuru tievgaļa diametrs lielāks par 10 cm. Katra mežizstrādes atlieka raksturota, izmērot diametru, garumu, kā arī novērtējot, vai atlieka ir svaiga, trupējusi, sausa, vai tā reprezentē galotni. Lai katrā apsekojamajā nogabalā pirmais parauglaukums uz pievešanas ceļa atrastos atšķirīgā attālumā no audzes malas, tad pirmā parauglaukuma ierīkošanai izmantots nenoteiktības princips, izmantojot *Microsoft Excel* programmā pieejamo funkciju “*Randbetween*”, izvēloties parauglaukuma atrašanās punktu 0 – 40 metru attālumā no pievešanas ceļa sākuma.

8.1. tabula. Apsekošanai izvēlēto krājas kopšanas un galveno ciršu raksturojums.

Krājas kopšanas cirtē							
Objekta ID	Kvartāla apgabals	Kvartāls	Meža tips	Vecums, gadi	Platība, ha	Koordinātas	
						X	Y
88	603	250	Vr	31	0,9	433837	301276
183	704	128	Ks	61	0,8	370357	365343
318	603	295	Ks	38	0,4	434139	301064
341	710	205	Dms	45	0,6	375274	351516
441	603	272	As	35	0,4	433698	303235
558	714	163	Kp	30	0,9	409430	329542
602	206	414	Dm	48	0,7	382285	281412
700	710	204	Dm	31	0,9	372505	347215
725	208	170	Vrs	42	0,9	427427	288323
848	204	173	Vrs	36	1,3	353875	300322
886	208	287	Vr	44	2,8	417349	276709
966	202	282	Dms	59	1,5	383085	324175
Galvenā cirtē							
9	211	221	Dm	-	0,9	383685	263851
215	203	364	Ks	-	1,9	328008	290032
584	206	430	Dms	-	0,7	383831	280742
641	602	239	Dms	-	0,6	428187	312822
425	208	340	Kp	-	1,6	424420	278304
767	204	250	Dms	-	1,3	357899	282672
778	202	495	Dm	-	0,7	403477	321406
784	204	249	Vrs	-	0,5	358191	282944
901	701	371	Dms	-	0,5	362724	371515
927	714	161	As	-	1,3	412135	330653
937	704	95	Kp	-	0,6	366637	368268
970	208	288	Dm	-	0,9	418283	276802

8.2. Rezultāti

2018. gadā egles mežizstrādes atliekas uzskaitītas 12 audzēs, kuru kopējā platība 11,5 ha, pēc galvenās cirtes un 12 audzēs, kuru kopējā platība 12 ha, pēc krājas kopšanas cirtes; attiecīgi ierīkojot un apsekojot 104 un 96 parauglaukumus.

Kopējais uzmērīto atlieku skaits 260: galvenajā cirtē un krājas kopšanas cirtē bija attiecīgi 164 un 96. Būtiski ($p=0,03$) vairāk parauglaukumi, kuros tika konstatētas liela izmēra mežizstrādes atliekas reprezentēja galveno cirti. Vidējais atlieku skaits parauglaukumā bija 1,6 atliekas galvenajā cirtē un 1,0 krājas kopšanas cirtē. Līdzīgi rezultāti iegūti arī 2016. un 2017. gada pārskata periodā.

2018. gadā konstatēts, ka vairāk nekā 60 % analizēto atlieku ir svaiga egles koksne (8.2. tabula), līdzīgi rezultāti iegūti arī 2016. un 2017. gadā (pētījuma 1. un 2. etaps). Turklāt galvenajā cirtē konstatētais svaigo, trupējušo egles mežizstrādes atlieku daudzums sastādīja 8,5 % no kopējā daudzuma, bet kopšanas cirtē 5,2 %, kas ir vairāk, salīdzinot ar iepriekšējā gadā konstatēto atlieku daudzumu Austrumlatvijā, bet ir mazāk nekā pirms diviem gadiem Rietumlatvijā, kur svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atliekas galvenajā un kopšanas cirtē sastādīja attiecīgi 19 % un 9 %.

8.2. tabula. Analizēto skuju koku mežizstrādes atlieku raksturojums krājas kopšanas un galvenajā cirtē.

Mežizstrādes atlieku raksturojums	Mežizstrādes atlieku īpatsvars, %	
	Krājas kopšanas cirte	Galvenā cirte
Svaiga	67,7	59,8
Svaiga, trupējusi	5,2	8,5
Sausa	21,9	12,2
Svaiga galotne	5,2	2,4

Līdzīgi, kā tas konstatēts iepriekšējos pētījuma etapos, lielākā daļa svaigo, trupējušo mežizstrādes atlieku, kas uzskaitītas krājas kopšanas un galvenajās cirtēs, bija atzāgētās blīzuma daļas. Trupējušo atlieku garums variēja no 8 līdz 80 cm krājas kopšanas cirtē un no 2 līdz 57 cm galvenajā cirtē, vidēji attiecīgi 23 un 24 cm. 2016. gadā tika konstatēts būtiski vairāk garo dimensiju mežizstrādes atlieku, tāpēc aprēķinot visos gados iegūtos rezultātus vidējais trupējušo atlieku garums bija 56 ± 64 cm. Mežizstrādes atlieku dimensijas krājas kopšanas un galvenajā cirtē atspoguļotas 8.3. tabulā.

8.3. tabula. Mežizstrādes atlieku dimensiju raksturojums krājas kopšanas un galvenajā cirtē.

Krājas kopšanas cirtē				
Raksturojošais parametrs	Mežizstrādes atlieku raksturojums			
	Svaiga	Svaiga trupējusi	Sausa	Svaiga galotne
Diametrs, cm				
vidējais	20	23	12	10
min-max*	10-36	10-31	10-26	10-10
Garums, cm				
vidējais	26	24	140	82
min-max*	1-165	8-80	63-264	28-163
Galvenā cirtē				
Diametrs, cm				
vidējais	25	25	14	12
min-max*	10-63	17-51	10-24	10-25
Garums, cm				
vidējais	34	23	126	131
min-max*	4-272	2-57	12-256	18-281

*minimālais-maksimālais

2018. gadā apsekojot audzes, kopā krājas kopšanas cirtē uzskaitītas piecas (5 % no kopējā atlieku daudzuma) un galvenajā cirtē 14 (9 %) svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atliekas. Tomēr atlieku skaits, kuru diametrs pārsniedza 30 cm bija neliels: attiecīgi viena (1 %) un četras (2 %) atliekas krājas kopšanas un galvenajā cirtē. Veicot aprēķinus, konstatēts, ka uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums 1 ha lielā nogabalā bija vidēji 0,82 m³ krājas kopšanas cirtē un 2,57 m³ galvenajā cirtē, no tā svaigu, trupējušu atlieku daudzums bija attiecīgi: 0,03 m³ (3,1 %) un 0,17 m³ (6,5 %). Lielu dimensiju (ø>30 cm) svaigu, trupējušu egles mežizstrādes atlieku daudzums uz pievešanas ceļiem 1 ha lielā nogabalā bija vidēji 0,01 m³ krājas kopšanas cirtē un 0,08 m³ galvenajā cirtē, respektīvi, 1 % un 3 % no vidējā uz pievešanas ceļiem atstātā analizēto mežizstrādes atlieku daudzuma krājas kopšanas un galvenajā cirtē.

Kopumā no 2016. gada līdz 2018. gadam apsekoti 72 nogabali (36 pēc krājas kopšanas un 36 pēc galvenās cirtes) un tajos ierīkoti 755 parauglaukumi (413 krājas kopšanas un 342 galvenajās cirtēs). Vidēji vienā parauglaukumā tika konstatēta 1,7 atlieka, kas atbilst izvēlētajiem kritērijiem (diametrs virs 10 cm), tomēr tikai 14 % no kopējo uzskaitīto atlieku skaita bija svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atliekas. Maksimālais trupējušo atlieku skaits vienā nogabalā bija 12 (platlapju un šaurlapju kūdreņi). Trupējušo atlieku tilpums nevienā no gadiem nepārsniedza 0,5 m³ ha⁻¹ (vidēji 0,2 m³ ha⁻¹), turklāt vidējais trupējušo atlieku garums nepārsniedza 0,6 m. Tāpēc varam secināt, ka tik neliels daudzums, salīdzinoši nelielu dimensiju

trupējušu atlieku neradīs *Heterobasidion* sporu infekcijas risku un līdz ar to apdraudējumu mežaudzei.

Turklāt lielākoties pēc mežizstrādes tiek atstātas mazu dimensiju atliekas – ripās sazāģēta stumbra daļa pie sakņu kakla – un šādām mazu dimensiju atliekām, kas salīdzinoši ātri izzūst, ir salīdzinoši neliela nozīme infekcijas izplatībā. Somijā iepriekš veiktos pētījumos konstatēts, ka liela nozīme infekcijas izplatībā ir trupējušām lielu dimensiju ($\varnothing > 30$ cm) mežizstrādes atliekām – šādas atliekas ir vispiemērotākās sakņu piepes augļķermeņu attīstībai. Lielu dimensiju svaigas, trupējušas atliekas ir noturīgākas pret izzūšanu, kā arī pret temperatūras svārstībām (Müller *et al.*, 2007). Iepriekš minētajā pētījumā noskaidrots, ka uz galvenajā un kopšanas cirtē atstātas ar *Heterobasidion* spp. inficētas svaigas egles lielu dimensiju mežizstrādes atliekām 1 - 4 gadu laikā izveidojas *Heterobasidion* spp. augļķermeņi. Apsekojot kopšanas un galvenās cirtes – gadu pēc koku nozāģēšanas sakņu piepes augļķermeņi netika konstatēti, tomēr kā rāda LVMI Silava realizēti pētījumi, lielākais augļķermeņu veidošanās potenciāls uz atliekām ir 2 - 3 gadus pēc koku nozāģēšanas. Tomēr jāņem vērā, ka koksnes īpašības un tādā veidā arī augļķermeņu attīstību ietekmēs arī atlieku ekspozīcija (klajā vietā atliekas ātrāk izzūst), veģetācija un augsnes īpašības (Progar *et al.*, 2000; Ottosson, 2013). Latvijā veiktos pētījumos konstatēts, ka augļķermeņu veidošanos ietekmē veģetācija un mitrums, tādēļ visaugstākais augļķermeņu veidošanās potenciāls ir meža tipos ar spēcīgi attīstītu veģetāciju (Stivriņa *u.c.*, 2010). Konstatēts, ka kūdreņos pēc kopšanas un galvenās cirtes ir vairāk trupējušo atlieku, tomēr atšķirības nav būtiskas ($p > 0,05$). Meža tips, respektīvi, arī augsnes īpašības ietekmē gan sakņu piepes primāro izplatību ar sporām, gan sekundāro – ar micēliju sakņu kontaktu vietās. Paaugstināts pH un palielināts barības vielu saturs augsnē veicina *Heterobasidion* izplatību audzē. Jau iepriekš veiktos pētījumos Latvijā konstatēta intensīva *Heterobasidion* izplatība atsevišķās egļu audzēs uz kūdras augsnēm (Stivriņa *u.c.*, 2010). Tomēr būtu nepieciešami papildu pētījumi, lai noskaidrotu pēc mežizstrādes vējgāzēs izgāzto koku lomu sakņu piepes primārās infekcijas izplatībā.

Jāņem vērā, ka *Heterobasidion* attīstība iespējama arī vizuāli veselās atliekās, kā tas pierādīts pētījumā Somijā. Minētajā pētījumā novērtēta augļķermeņu iespējamā veidošanās uz vizuāli veselām ciršanas atliekām – konstatēts, ka augļķermeņi izveidojas tikai uz tādām atliekām, kur sakņu piepes micēlijs jau bijis sākotnēji, nevis tādās atliekās, kas tika inficētas pēc izvietojšanas analizētajās platībās (Müller *et al.*, 2007). Lai izvērtētu trupi izraisīto sēņu augļķermeņu attīstību uz svaigas, trupējušas egles koksnes mežizstrādes atliekām, būtu nepieciešama konkrēto parauglaukumu atkārtota apsekošana.

8.3. Secinājumi

1. 2018. gadā uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums bija vidēji $0,82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ krājas kopšanas cirtē un $2,57 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ galvenajā cirtē. Svaigu trupējušu atlieku daudzums bija attiecīgi: $0,03 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (3 %) un $0,17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (7 %).
2. 2016. - 2018. gadā ievāktie dati (no 72 audzēm) liecina, ka AS "Latvijas valsts meži" apsaimniekotajās platībās uz pievešanas ceļiem pēc galvenās un krājas kopšanas cirtes tiek atstāts vidēji $0,2 \text{ m}^3$ trupējušu egles atlieku, kuru vidējais garums nepārsniedz 0,6 m, kas liecina, ka LVM apsaimniekotajos mežos pēc cirtes atstātās atliekas neveicina sakņu trupes izplatīšanos.

9. BIOLOĢISKO UN ĶĪMISKO PREPARĀTU EFEKTIVITĀTES SALĪDZINĀJUMS SAKŅU PIEPES *HETEROBASIDION* SPP. SPORU INFEKCIJAS IEROBEŽOŠANĀ

Sakņu piepes *Heterobasidion annosum* s.l. ierobežošanai iespējams pielietot gan bioloģiskos, gan ķīmiskos preparātus (Nicolotti and Gonthier, 2005). Preparātu efektivitāti ietekmē vides apstākļi, celmu apstrādes kvalitāte (Berglund and Rönnberg, 2004), kā arī patogēna izdalīto sporu daudzums (Pratt, 2000). Bioloģiskajiem preparātiem ir daudz priekšrocību – tie būtiski neietekmē meža ekosistēmu un to ietekme ir ilgstoša, jo uz apstrādātajiem celmiem izveidojas lielās pergamentsēnes augļķermeņi, kuru sporas tālāk nonāk uz svaigi zāgētu celmu virsmas, veicinot to dabisko aizsardzību.

Viens no plašāk pielietotajiem ķīmiskajiem preparātiem celmu apstrādei ir urīnviela (Nicolotti and Gonthier, 2005). Apstrādājot celmus ar urīnvielu, paaugstinās virsmas pH, tādējādi izveidojot nepiemērotus apstākļus *Heterobasidion* spp. sporu attīstībai. Zviedru pētnieki (Thor and Stenlid, 2005) konstatējuši, ka urīnviela ir efektīvāka egļu celmu aizsardzībai salīdzinājumā ar *P. gigantea* un celmu virsmas apstrāde ar urīnvielu tiek praktizēta arī Somijā un Lielbritānijā (Kärhä *et al.*, 2018; Forest Research, 2018). Lai gan uzskata, ka urīnvielas iedarbība ilgst trīs līdz četrus mēnešus (Johansson *et al.*, 2002), Zviedrijā veiktā ilgtermiņa pētījumā (Oliva *et al.*, 2008) secināts, ka parauglaukumā, kur celmi tika apstrādāti ar urīnvielu, arī 15 gadus pēc apstrādes bija būtiski zemāka kopējā trupes (3 %) un *Heterobasidion* spp. izraisītās trupes (0 %) sastopamība, salīdzinājumā ar kontroli, kā arī konstatēts zemāks izgāzto egļu īpatsvars.

P. gigantea augļķermeņi ir daudz jutīgāki pret izžūšanu, salīdzinājumā ar *Heterobasidion* spp. (Rishbeth, 1959), tādēļ klimata pārmaiņas var negatīvi ietekmēt pergamentsēnes efektivitāti celmu aizsardzībā pret sakņu trupi. Turklāt *P. gigantea* saturošie preparāti ļoti labi aizsargā priedes koksni, bet egļu celmu apstrāde dažkārt ir neefektīva (Berglund and Rönnberg, 2004; Kenigvalde *u.c.*, 2011; Gunulf *et al.*, 2012). Šo iemeslu dēļ nepieciešams novērtēt apstrādi ar urīnvielu, kā alternatīvu celmu aizsardzības metodi.

9.1. Metodes

Lai novērtētu bioloģisko (“Rotstop”) un ķīmisko (urīnviela) preparātu efektivitāti egļu celmu aizsardzībā, 2017. gadā ierīkots eksperiments SIA “Rīgas meži” Tīreļu mežniecības teritorijā divās egļu audzēs. Tā kā 2017. gadā vasaras vidējā gaisa temperatūra bija samērā zema, tad, lai nodrošinātu pietiekami ilgu periodu sēņu (*Heterobasidion* spp. un *P. gigantea*)

attīstībai koksne, paraugu ievākšana no celmiem veikta 2017. gada decembrī - 2018. gada janvārī. Plašāka eksperimenta ierīkošanas, paraugu ievākšanas un analīzes metodika pieejama 2017. gada starpatskaitē (Gaitnieks, 2018).

9.2. Rezultāti

Novērtējot *Heterobasidion* spp. sastopamību, konstatēts, ka inkubācijas periodā abās audzēs ir bijis liels sporu infekcijas fons – 92 % kontroles celmu konstatēta sakņu piepes infekcija (9.1. tabula). Kaut gan inficēto kontroles celmu bija daudz, sakņu piepes micēlijs celmos aizņēmis ļoti nelielu virsmas laukumu – vidēji 6 %.

Nelieli *Heterobasidion* spp. laukumi (vidēji 6 % celma virsmas) konstatēti arī ar “Rotstop” apstrādātajos celmos, no kuriem ar pergamentsēni inficēti 90 %. Iespējams, šādus rezultātus (liels inficēto celmu īpatsvars, bet samērā neliels micēlija aizņemtais kopējais laukums) var skaidrot ar celmu virsmas sveķojumu, jo 73 % no celmiem, kas apstrādāti ar “Rotstop” un 80 % kontroles celmiem konstatēts sveķojums, kas aizņem vairāk nekā 50 % celma virsmas (9.2. tabula). Celmu sveķošana šādos apjomos (nosēdot vairāk nekā 50 % celma virsmas) var ietekmēt sēņu sporu attīstību uz celma virsmas. Šajā pētījumā sveķošana novērota līdzvērtīgi (no 73 % līdz 83 %) visās pētītajās grupās (celmos, kas apstrādāti ar urīnvielu, *P. gigantea* sporu suspensiju un kontroles celmos), kas varētu liecināt par to, ka pastiprinātā celmu sveķošana šajās audzēs nav celmu apstrādes rezultāts, bet ir izskaidrojama ar to, ka koki cirsti veģetācijas sezonā.

9.1. tabula. Datu apkopojums par konstatēto *Heterobasidion* spp. attīstību un apstrādes efektivitāti.

Apstrādes veids	<i>Heterobasidion</i> spp. vidēji aizņemtais laukums, cm ²	<i>Heterobasidion</i> spp. vidēji aizņemtais laukums, %	<i>Heterobasidion</i> spp. inficēto celmu skaits	<i>Heterobasidion</i> spp. inficēto celmu daudzums, %	Apstrādes efektivitāte, %
Kontrole	18,0±15,6	6,09±0,7	35	92,1	-
“Rotstop”	22,4±40,8	6,08±1,3	27	90	0,01
Urīnviela	2,8±5,5	0,78±0,3	12	40	87,10

Visvairāk stipri sveķojošu celmu atzīmēti pēc apstrādes ar urīnvielu – 83 %. Pēc apstrādes ar urīnvielu konstatēts vismazākais ar *Heterobasidion* spp. inficēt celmu skaits – 40 %. Vidējais *Heterobasidion* spp. inficētās celmu virsmas laukums sastāda 0,78 %. Aprēķinot apstrādes

efektivitāti konstatēts, ka celmu apsmidzināšana ar urīnvielu ir visefektīvākā (87 %) metode celmu aizsardzībai pret *Heterobasidion* spp. infekciju.

9.2. tabula. Datu apkopojums par koksnes paraugus raksturojošajiem parametriem un *P. gigantea* attīstību.

Apstrādes veids	Celmu skaits	Apsekoto celmu vidējais diametrs, cm	Kodol-koksnes vidējais diametrs, cm	<i>P. gigantea</i> vidēji aizņemtais laukums, cm ²	Celmu daudzums, uz kuriem konstatēts sveķojums >50%
Kontrole	38	20,1 ±5,4	11,8±5,7	3,0±5,9	80 %
“Rotstop”	30	20,3±5,7	12,7±3,6	1,7±5,2	73 %
Urīnviela	30	20,2±6,3	14,3±4,8	0,03±0,1	83 %

Šajā pētījumā konstatēta ļoti zema efektivitāte celmu apstrādei ar Rotstop – 0,01%, kas dažkārt konstatēta arī citu autoru pētījumos (Berglund and Rönnerberg, 2004). Tā kā citos mūsu pētījumos (Kenigvalde et al. 2016) konstatēta ievērojami lielāka preparāta efektivitāte, iespējams, ka iegūtie rezultāti varētu būt saistīti ar zemu eksperimenta ierīkošanā izmantotā Rotstop preparāta kvalitāti vai ar tā sastāvā esošās *P. gigantea* sliktāku adaptāciju konkrētajiem apstākļiem salīdzinājumā ar vietējiem *P. gigantea* izolātiem (Berglund et al., 2005), jo 24% kontroles celmu konstatēja dabisko *P. gigantea*. Arī citos pētījumos atzīmēts, ka dažkārt ar Rotstop apstrādātos celmos *H. annosum* ir vairāk sastopams nekā neapstrādātos (Rönnerberg et al., 2006). No celmiem, kas apstrādāti ar Rotstop tikai 27 % bija attīstījušies *P. gigantea* (kas atkārtoti izolēta un salīdzināta ar oriģinālo izolātu). Dabiskā *P. gigantea* attīstījušies tikai 0,03 % celmu, kas apstrādāti ar urīnvielu, kas varētu ietekmēt *Heterobasidion* spp. attīstību kokaugu saknēs.

Mūsu iegūtie rezultāti liecina, ka urīnviela īstermiņā ierobežo *Heterobasidion* sporu infekciju labāk nekā celma apstrāde ar Rotstop. Konstatēta arī urīnvielas ietekme uz *P. gigantea* sākotnējo attīstību, kas ilgtermiņā varētu negatīvi ietekmēt audzes aizsardzību pret sakņu piepi, jo pēc urīnvielas darbības beigām mitruma līmenis celmā vides apstākļu (vēja, saules) dēļ ir būtiski samazinājies, kas var negatīvi ietekmēt *P. gigantea* attīstību, jo pergamentsēne jutīga pret izžūšanu (Rishbeth, 1959), tādēļ pergamentsēnes sākotnējās attīstības ierobežošana celmā var būt ilgstošas negatīvas sekas. Ņemot vērā šos rezultātus, lai izdarītu vispārīgus un rekomendētu urīnvielu plašākai izmantošanai celmu apstrādē, jānovērtē urīnvielas ietekme uz celmus kolonizējošajām sēnēm ilgtermiņā, gan egles, gan priedes koksne. Jāizvērtē arī urīnvielas ietekme uz veģetāciju, jo celmu apstrādes laikā daļa urīnvielas nolīst zemē apkārt celmam un Zviedrijā veiktā pētījumā (Westlund and Nohrstedt,

2000) konstatēts, ka arī gadu pēc celmu apstrādes ar urīnvielām konstatējami ievērojami bojājumi apkārtējā veģetācijā.

Turpmākos pētījumos ne tikai plašāk jāpārbauda urīnvielas efektivitāte un ietekme uz *P. gigantea* jau trupējušā koksnē, bet arī dažādu citu celmus kolonizējošo sēņu (*Bjerkandera adusta*, *Sistotrema brinkmannii*, *Resinicum bicolor*, *Fomitopsis pinicola*, *Trichaptum abietinum*) pielietošanas iespējas *Heterobasidion* spp. ierobežošanai, kas varētu atstāt mazāku iespaidu uz meža ekosistēmu (Holdenrieder and Greig, 1998). Celmu aizsardzības efektivitāti varētu veicināt arī iepriekšminēto sēņu un *P. gigantea* sporu suspensijas maisījumu pielietojums.

9.3. Secinājumi

1. Iegūtie rezultāti liecina, ka urīnvielas efektivitāte celmu aizsardzībā pret sakņu trupi sasniedz 87%
2. Īstermiņā celmu apstrāde ar urīnvielām negatīvi ietekmē dabiskās lielās pergamentsēnes attīstību koksnē.

10. TURPMĀKIE PĒTĪJUMI FITOPATOLOĢIJĀ: *CEĻA KARTE*

Sakņu piepes *Heterobasidion* spp. izraisītā trupe īpaši apdraud skuju kokus. Fenoskandijā un Baltijas valstīs *Heterobasidion annosum* galvenais saimniekaugs ir priede, bet *H. parviporum* saimniekaugs – egļu. Sēnes radītie mežsaimnieciskie zaudējumi Eiropā gada laikā tiek vērtēti 500-800 miljoni eiro. Latvijā egļu audzēs galvenās cirtes laikā trapes izraisītie zaudējumi sastāda vidēji 1000 eiro uz hektāru, bet var sasniegt pat 4000 eiro. Lai samazinātu sakņu trapes izraisītos zaudējumus, LVMI Silava veic pētījumus par sakņu trupi izraisošo patogēnu bioloģiju, bojājumu izplatību un ierobežošanas metodēm. Ar A/S Latvijas valsts meži (LVM) atbalstu pētījumi veikti, sākot no 2005. gada, analizējot sakņu piepes bojājumu izplatību egļu audzēs un sakņu trapes bojājumu ierobežošanas iespējas, t.sk. izmantojot bioloģisko preparātu Rotstop. Tiek veikti pētījumi arī par koku rezistenci pret sakņu piepes infekciju, patogēnu saglabāšanos celmos un saknēs, kā arī par patogēnu un antagonisko organismu bioloģiju.

Pētījumu “ceļa karte” gatavota, lai raksturotu līdz šim paveikto, kā arī sniegtu redzējumu par turpmāk veicamiem uzdevumiem, lai sasniegtu sekojošus mērķus:

- 1) noteikt sakņu piepes un celmenes izplatību un izraisītos zaudējumus skuju koku audzēs Latvijā;
- 2) paaugstināt skuju koku aizsardzības preventīvo pasākumu efektivitāti pret sakņu trapes bojājumiem;
- 3) samazināt saimnieciskās darbības ietekmi uz sakņu trupi izraisošo sēņu izplatību;
- 4) noskaidrot iespējas paaugstināt stādmateriāla rezistenci pret sakņu trupi izraisošām sēnēm.

10.1. Sakņu piepes un celmenes izraisītie zaudējumi Latvijā

2005. gadā tika uzsākti pētījumi, lai noskaidrotu trupējušo koku īpatsvaru un trupi izraisošo sēņu sastāvu egļu audzēs Latvijā. Konstatēts, ka piektā daļa egļu ir trupējušas un biežākais trapes izraisītājs ir sakņu piepe (Arhipova *et al.*, 2011). Aprēķināts, ka sakņu piepes izraisītās trapes radītie zaudējumi egļu audzēs galvenās cirtes aprites laikā, atkarībā no krājas, ir vidēji 1075 eur/ha gadā (rēķinot pēc 2006. gada cenām) (Gaitnieks *et al.*, 2008). Lai gan uzskaitītas vairāk nekā 200 dažādas kokaugu sugas, kurām konstatēta sakņu trupe (Korhonen and Stenlid, 1998), tomēr trupi izraisošo sēņu izplatība priežu audzēs un lapu koku uzņēmība Latvijā ir analizētā tikai atsevišķos pētījumos (Lauska, 1961; Arhipova *u.c.*, 2010).

Lai noskaidrotu sakņu piepes un celmenes izraisītos zaudējumus 2016. - 2020. gadā veicami šādi pētījumi:

- 1) ievākt un analizēt datus par *Heterobasidion* sp. micēlija izplatību ar sakņu piepi inficētos lapu un skuju kokos.

Lai samazinātu trupes izplatību, inficētās platībās skuju koku vietā iesaka stādīt lapu kokus. Tomēr Lietuvā veiktos pētījumos stipri inficētās platībās pierādīta arī lapu koku uzņēmība pret sakņu piepi – 25 gadus vecā *Betula pendula* audzē konstatēta 40,2 % – 66,9 % koku kalšana un 47 % gadījumu kalšanas iemesls bija *Heterobasidion* sp. izraisītā sakņu un stumbra trupe. Kā noskaidrots pētījumā infekcija izplatījusies no inficētiem iepriekšējās paaudzes *P. sylvestris* celmiem (Lygis *et al.*, 2004). Tādēļ 2007. gadā LVMI Silava tika uzsākts pētījums, lai noskaidrotu dažādu lapu koku un skuju koku sugu uzņēmību pret sakņu piepi. Pētījums tiks pabeigts līdz 2020. gadam.

- 2) novērtēt sakņu piepes un celmenes izplatību priežu jaunaudzēs un pieaugušās priežu audzēs.

Pētījumi par sakņu piepes izplatību priežu jaunaudzēs uzsākti 2012. gadā, bet no 2016. gadā arī pieaugušās priežu audzēs. Līdz 2020. gadam plānots apsekot vismaz 100 audzes katrā no minētajām vecumgrupām, lai aprēķinātu sakņu piepes izraisītos zaudējumus un izstrādātu rekomendācijas priežu audžu apsaimniekošanai. Būtiski ir apsekot jaunaudzes, lai novērtētu, kā līdzšinējais apsaimniekošanas modelis (galvenajā cirtē netiek izmantoti celmu aizsardzības līdzekļi) ietekmē sakņu piepes izplatību salīdzinājumā ar pieaugušām audzēm. Līdz 2020. gadam tiks noteikta sakņu piepes sastopamība priežu jaunaudzēs. Tomēr LVMI Silava pētījumi liecina, ka sakņu piepes micēlija sastopamība mazu dimensiju egļu celmos samazinās laika gaitā. Turklāt minētajā pētījumā norādīts, ka mazu dimensiju priežu celmu sadalīšanās notiek daudz ātrāk nekā egļu celmu sadalīšanās (Brauners 2018). Tāpēc nepieciešams ievākt datus par sakņu piepes sastopamību vidēja vecuma audzēs, lai raksturotu sakņu piepes sastopamību Latvijā, kā arī novērtētu saimnieciskās darbības ietekmi uz sakņu piepes izplatību. Šos pētījumus plānot uzsākt 2020. gadā.

- 3) analizēt dronu pielietojumu, lai novērtētu trupes izplatību audzē.

Norvēģijā veiktā pētījumā konstatēts, ka egļu kailcirtēs, lai novērtētu trupējušu celmu īpatsvaru ar 80 % precizitāti iespējams izmantot bezpilota lidaparātu (Puliti *et al.*, 2018). Šāda metode dotu priekšrocības, lai plānotu inficētu platību apsaimniekošanu.

10.2. Skuju koku audžu preventīvās aizsardzības pasākumi

Noskaidrots, ka sakņu trupes bojājumus iespējams ierobežot, izmantojot bioloģiskos un ķīmiskos preparātus (Gonthier and Thor, 2013). 2008. gadā LVM uzsāka bioloģiskā preparāta Rotstop lietošanu skuju koku celmu apstrādei krājas kopšanas cirtēs. Līdz šim Latvijā nav pētītas ķīmisko preparātu izmantošanas iespējas.

Sakņu trupi izraisa galvenokārt sakņu piepe. Somijā veiktos pētījumos noskaidrots, ka trupējušās eglēs 80 % gadījumu primārais trupes izraisītājs bija sakņu piepe, 10 % gadījumu celmene, 5 % - asinsarkanā sīkpiepe un atlikušajos piecos procentos sakņu trupi izraisīja citi mikroorganismi (Korhonen and Piri, 2003). Sakņu piepei izšķir divus izplatīšanās veidus: ar bazīdijsporām (primārā infekcija) un ar micēliju sakņu kontaktu vietās (sekundārā infekcija). Ar bazīdijsporām sakņu piepe izplatās uz citām, vēl infekcijas neskartām audzēm, bet ar micēliju caur sakņu kontaktiem sēne palielina savu izplatību jau inficētā audzē (Woodward *et al.*, 1998).

Līdzšinējos LVMI Silava veiktos pētījumos noskaidrots, ka augstākā sporulācijas intensitāte ir augusta/septembra mēnesī (Brauners *et al.*, 2014). Primāro inficēšanos var mazināt, veicot celmu virsmas aizsardzību ar augu aizsardzības līdzekļiem, kas LVM tiek veikta krājas kopšanas cirtēs (Kenigšvalde *et al.*, 2016). Savukārt nav rasts risinājums skuju koku celmu aizsardzībai pret sakņu piepes infekciju galvenajā cirtē, tādā veidā pasargājot no inficēšanās atjaunojamo skuju koku audzi. Atsevišķos pētījumos pierādīts, ka ir lietderīgi apstrādāt egļu celmus, jo galvenajā cirtē bazīdijsporu infekcijai ir pakļauts liels kodolkoksnes laukums (līdz pat 80 % no kopējā celma virsmas laukuma) (Pettersson *et al.*, 2003). Turklāt Zviedrijas lauksaimniecības universitātē veiktā pētījumā noskaidrots, ka egļu kodolkoksne, salīdzinājumā ar tās aplievu, ir vairāk uzņēmīga pret *H. parviporum* (Oliva *et al.*, 2013). Zviedrijā veiktie aprēķini liecina, ka celmu apstrāde ar bioloģisko preparātu galvenajā cirtē ir ekonomiski izdevīga (Thor *et al.*, 2005). Latvijā šādi pētījumi nav veikti.

Lai nodrošinātu efektīvāku celmu aizsardzību, nepieciešams apsvērt vietējo bioloģisko aizsardzības līdzekļu izstrādi, jo, kā pierāda pētījumi, bioloģiskie preparāti, kas izstrādāti, izmantojot vietējos lielās pergamentsēnes izolātus, uzrāda labākas antagonistiskās īpašības pret *H. annosum* (Berglund and Rönnerberg, 2004; Berglund *et al.*, 2005). Turklāt jāņem vērā, ka preparāta Rotstop sastāvā ir viens *P. gigantea* sēnes izolāts, un ilgtermiņā ģenētiski viena izolāta plašs pielietojums var ietekmēt citu celmus kolonizējošo sēņu bioloģisko daudzveidību, tai skaitā *P. gigantea* vietējās populācijas (Drenkhan *et al.*, 2008; Vasiliauskas *et al.*, 2004).

Lai paaugstinātu skuju koku preventīvo aizsardzības pasākumu efektivitāti pret sakņu trupes bojājumiem, veicami šādi pētījumi:

Laikā no 2016. līdz 2020. gadam:

- 1) Novērtēt sakņu piepes un lielās pergamentsēnes sastopamību maza diametra skuju koku celmos un saknēs.

Zviedrijā un Latvijā veiktie pētījumi liecina, ka *Heterobasidion* spp. inficē arī maza diametra egļu celmus (Gunulf *et al.*, 2012, Gaitnieks *et al.*, 2018). Tomēr LVM apsaimniekotajos mežos, veicot kopšanas cirtes, preparāts Rotstop netiek pielietots, ja skuju koku diametrs ir mazāks par 10 cm. Pētījuma mērķis ir noskaidrot maza diametra celmu inficēšanos un sakņu piepes infekcijas izplatību celmu saknēs, lai novērtētu apstrādes lietderību skuju koku jaunaudzēs. 2010. gadā tika uzsākti pētījumi, kuros tika noskaidrots, ka gan priežu gan egļu maza diametra celmi ir uzņēmīgi arī pret lielās pergamentsēnes sporām. Šobrīd tiek turpināti pētījumi, lai noskaidrotu gan sakņu piepes, gan lielās pergamentsēnes attīstību sakņu sistēmā. Iespējams, ka, celmiem izzūstot, lielās pergamentsēnes micēlijs iet bojā, bet, ja tas paspēj ieaukt saknēs pirms celmu virszemes daļa ir sadalījusies (12 gadus veci priežu celmi 5-6 gadu laikā – nepublicēti dati), tad *H. annosum* micēlija veģetatīvā izplatīšanās var tikt stipri kavēta, nodrošinot blakus augošo veselo kociņu aizsardzību. Savukārt *Heterobasidion* spp. micēlija saglabāšanos maza diametra priežu celmos var ietekmēt celma augstums, tāpēc šobrīd tiek veikti pētījumi, salīdzinot patogēna attīstību dažāda augstuma celmos.

Paredzams, ka iegūtie rezultāti tiks publicēti līdz 2020. gadam. Tāpat tiks turpināti iesāktie pētījumi, lai skaidrotu lielās pergamentsēnes attīstību skuju koku celmu saknēs galvenajā cirtē. Pētījumu rezultāti tiks iegūti līdz 2025. gadam.

- 2) analizēt lielās pergamentsēnes attīstību trupējušā skuju koku koksnē.

Par trupējušu celmu apstrādes lietderību ar *P. gigantea*, dažādu autoru viedokļi ir pretrunīgi. Piemēram, Polijā secināts, ka *P. gigantea* priedes koksnē, kas inficēta ar *Heterobasidion*, kavē patogēna attīstību, izraisot strauju koksnes noārdīšanos (Sierota, 1995), turpretī citi pētījumi priežu audzēs parāda, ka celmu apstrāde tikai nedaudz samazina inficēto koku īpatsvaru nākamajā paaudzē (Greig and Low, 1975). Arī attiecībā par trupējušu egļu celmu apstrādes lietderību ir iegūti atšķirīgi rezultāti (Pettersson *et al.*, 2003). LVMI Silava 2017. gadā uzsākti pētījumi par trupējušu egļu celmu apstrādes lietderību, kas tiks noslēgti līdz 2025. gadam.

- 3) salīdzināt bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitāti.

P. gigantea saturošie preparāti ļoti labi aizsargā priedes koksnē, bet egļu celmu apstrāde dažkārt ir neefektīva (Berglund and Rönnerberg, 2004; Kenigvalde *u.c.*, 2011; Gunulf *et al.*, 2012). Tāpēc tiek meklētas alternatīvas bioloģiskajam preparātam un Zviedrijā veiktos pētījumos konstatēts, ka urīnviela uzrāda augstāku efektivitāti salīdzinājumā ar lielo pergamentsēni, turklāt celmu aizsardzība ilgst trīs līdz četrus mēnešus (Johansson *et al.*, 2002;

Thor and Stenlid, 2005). Tomēr atsevišķos pētījumos pierādīta arī zema urīnvielas efektivitāte (Pratt, 1994), turklāt, pieņemot lēmumu par labu urīnvielas izmantošanai, jāņem vērā tās ietekmi uz apkārtējo vidi. Lai novērtētu bioloģisko (Rotstop) un ķīmisko (urīnviela) preparātu efektivitāti egļu celmu aizsardzībā pētījumi tika uzsākti 2016. gadā. Iegūtie rezultāti liecina, ka urīnviela efektīvi ierobežo *Heterobasidion* sporu infekciju īstermiņā, taču, lai izvērtētu iespējas izmantot urīnvielu ilgtermiņā, nepieciešami papildus pētījumi par tās ietekmi uz citām celmus kolonizējošām sēnēm.

2021.– 2025. g.:

- 1) veikt Somijā ražotā preparāta Rotstop efektivitātes monitoringu un vietējo *P. gigantea* izolātu pārbaudi.

2006. gadā LVMI Silava ir uzsākti pētījumi, lai analizētu Rotstop efektivitāti un atrastu vietējos izolātus ar līdzvērtīgu vai augstāku efektivitāti. Līdz 2035. gadam paredzēts turpināt zinātniskos pētījumus, kuros analizētu izolātu efektivitāti un to attīstību skuju koku sakņu sistēmā. Izolāti ar augstākajiem antagonistiskajiem rādītājiem pret *Heterobasidion* un efektīvāko izplatību sakņu sistēmā ierobežotu ne tikai primāro, bet arī sekundāro sakņu piepes infekciju. Pētījumā paredzēts salīdzināt *P. gigantea* izolātus, kas izdalīti no egles un priedes koksnes.

- 2) salīdzināt lielās pergamentsēnes un urīnvielas efektivitāti celmu aizsardzībā ilgtermiņā.

Urīnviela izmaina celma virsmas pH un nodrošina celmu aizsardzību līdz trīs mēnešiem pēc primārās bazīdijsporu infekcijas, turpretī lielā pergamentsēne nodrošina celmu aizsardzību, kamēr tā koksnes substrātu var izmantot kā barības vielu resursu. Tomēr sēnes attīstību ietekmē vides apstākļi, līdz ar to, nepieciešams izvērtēt abu celmu aizsardzības līdzekļu ekonomisko lietderību un efektivitāti ilgtermiņā.

- 3) analizēt urīnvielas ietekmi uz citām celmus kolonizējošajām sēnēm.

Ņemot vērā, ka urīnviela izmaina celma pH, iespējams, ka tā neļauj attīstīties arī citām koksni kolonizējošām sēnēm, kas veicina koksnes noārdīšanos, bet neizraisa trupi. Tāpēc turpmākajā darbā tiks novērtēta urīnvielas ietekme uz citām koksni noārdošo sēņu populācijām.

2026. – 2030. g.:

- 1) Turpmākajā darbā paredzēts pārbaudīt dažādu koksni noārdošo sēņu kā *Bjerkandera adusta*, *Sistotrema brinkmannii*, *Resinicum bicolor*, *Fomitopsis pinicola*, *Trichaptum abietinum* attīstību celmos. Lielās pergamentsēnes preparāta efektivitāti varētu

paaugstināt, izmantojot suspensiju, kas saturētu ne tikai *P. gigantea*, bet arī iepriekš minēto celmus kolonizējošo sēņu sporas.

Kā jau iepriekš minēts, preparāta Rotstop sastāvā ir viens, Skandināvijā izdalīts *P. gigantea* sēnes izolāts, un ilgtermiņā ģenētiski viena izolāta plašs pielietojums var ietekmēt citu celmus kolonizējošo sēņu bioloģisko daudzveidību, tad nepieciešami pētījumi, lai atrastu alternatīvas līdz šim pielietotajam celmu aizsardzības līdzeklim.

10.3. Saimnieciskās darbības ietekmes samazināšana uz sakņu trupi izraisošo sēņu izplatību

Sakņu piepes izplatība un radītie zaudējumi saistāmi ar cilvēku saimniecisko darbību mežā, tāpēc, lai noteiktu piemērotāko apsaimniekošanas modeli, nepieciešams izprast patogēna bioloģiju un noskaidrot trupes izplatību ietekmējošos faktoros. Izvirzītie darba uzdevumi līdz 2020. gadam:

- 1) Noteikt trupējušās koksnes apjomu egļu audzēs pēc krājas kopšanas un galvenās cirtes un novērtēt sakņu piepes augļķermeņu attīstību un koksni kolonizējošo sēņu sugu daudzveidību uz trupējušās egles koksnes atliekām un celmiem.

Trupējusi, ar *Heterobasidion* inficēta parastās egles *Picea abies* koksne ir labvēlīgs substrāts sakņu piepes augļķermeņu attīstībai. Viens no infekcijas izplatīšanās ierobežošanas veidiem ir inficētu atlieku izvākšana no meža (Ministru Kabineta noteikumi Nr. 947 “Noteikumi par meža aizsardzības pasākumiem un ārkārtējās situācijas izsludināšanu mežā”), tomēr šāda koksne ir piemērots substrāts citu koksni kolonizējošu sēņu attīstībai un atlieku izvākšana no meža varētu mazināt sēņu daudzveidību. 2016. gadā uzsākti pētījumi, lai noteiktu trupējušās koksnes apjomu egļu audzēs pēc krājas kopšanas un galvenās cirtes. No 2020. līdz 2025. gadam nepieciešams izvērtēt vējgāzēs izgāzto koku lomu sakņu piepes primārās infekcijas izplatībā.

Pētījumi par sakņu piepes augļķermeņu attīstību un koksni kolonizējošo sēņu sugu daudzveidību uz trupējušās egles koksnes atliekām un celmiem uzsākti jau 2009. gadā. Pētījumi tiks turpināti līdz 2035. gadam.

- 2) analizēt augsnes apstrādes un celmu raušanas ietekmi uz sakņu piepes sastopamību un mikorizu veidojošo sēņu daudzveidību.

Celmu izvākšana ir efektīva, bet dārga metode, kas samazina *Heterobasidion* micēlija izplatīšanos no iepriekšējās paaudzes celmiem uz jaunās ģenerācijas kokiem (Cleary *et al.*, 2012). Eiropā veiktos pētījumos atzīmēts samazināts inficēto koku daudzums pēc iepriekšējās

paaudzes celmu izvākšanas (Korhonen *et al.*, 1998b, Vasaitis *et al.*, 2008; Cleary *et al.*, 2012). Arī jaunās paaudzes audzē novērojama veiksmīgāka stādu attīstība un palielināta audzes produktivitāte (Vasaitis *et al.*, 2008). Celmu izvākšana pasargā jaunās ģenerācijas kokus arī no citiem sakņu patogēniem, piemēram, *Armillaria* spp. (Vasaitis *et al.*, 2008). 2012. gadā tika ierīkots eksperiments, lai noskaidrotu celmu raušanas efektivitāti, kā arī analizētu mikorizu veidojošo sēņu daudzveidību pēc celmu raušanas. Dati par koksni kolonizējošo sēņu sastopamību ievākti 2017. un 2018. gadā. 2019. gadā tiks ievākti paraugi, lai noteiktu mikorizu veidojošās sēnes. Lai novērtētu celmu raušanas ilgtermiņa ietekmi, paraugu ievākšanu nepieciešams atkārtot, turklāt nepieciešami ilgtermiņa novērojumi par atcelmošanas ietekmi uz meža atjaunošanos, sūnu, ķērpju un kukaiņu daudzveidību. Pētījumus paredzams veikt līdz 2035. gadam.

3) analizēt introducēto koku sugu uzņēmību pret sakņu piepi.

Lai mazinātu biotisko un abiotisko risku radītos mežsaimnieciskos zaudējumus, nepieciešams izvērtēt introducēto kokaugu sugu – īpaši ar potenciāli īsāku rotācijas periodu – audzēšanas iespējas. Tomēr jāņem vērā, ka introducētās koku sugas, kas nav adaptējušās vietējiem klimatiskajiem apstākļiem var būt uzņēmīgākas pret sakņu piepi. Tādēļ 2009. gadā tika uzsākti pētījumi, lai novērtētu sakņu piepes sastopamību Klinškalnu priedes audzēs. Tika konstatēts, ka Klinškalnu priede ir uzņēmīga pret primāro un sekundāro sakņu piepes infekciju un tika ievākti dati, lai noteiktu infekcijas izplatības ātrumu audzē. Iegūtie dati ir izmantojami *Heterobasidion* izplatības modeļa izstrādei. Turpmākajos pētījumos nepieciešams veikt monitoringu citās introducēto koku sugu audzēs, analizēt uzņēmību pret sakņu piepes infekciju, lai atlasītu potenciāli rezistentākās koku sugas.

4) analizēt sakņu piepes attīstību priežu jaunaudzēs atkarībā no atjaunošanas veida un analizēt infekcijas izplatības dinamiku.

LVMI Silava veiktajos pētījumos konstatēts, ka dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzēs sakņu piepe sastopama retāk nekā stādītās. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka meklējami risinājumi, kā inficēšanās riskus mazināt, lai nodrošinātu sekmīgu stādīto jaunaudžu attīstību, nodrošinot selekcijas efekta pārnesi ražošanā. Ir ierīkoti parauglaukumi, lai novērtētu sakņu piepes un celmenes attīstības dinamiku. Pētījumos iegūtie rezultāti var tikt izmantoti *Heterobasidion* spp. attīstības modeļa izstrādē. Pētījumi tiks pabeigti līdz 2025. gadam.

Pētījumi laika posmā no 2021. – 2025. gadam:

- 1) salīdzināt sakņu piepes izplatību atšķirīga vecuma skuju koku audzēs un izstrādāt rekomendācijas rotācijas laika saīsināšanai stipri inficētās platībās.

Atsevišķos literatūras avotos minēts, ka samazinot rotācijas laiku būtu iespējams ierobežot sakņu piepes izraisītos zaudējumus (Korhonen *et al.*, 1998b). LVMI Silava veiktajos pētījumos ir noskaidrots, ka pieaugot egles vecumam palielinās trupējušās koksnes daudzums (Arhipova *et al.*, 2011), tomēr Latvijā nav izstrādātas rekomendācijas optimālam egļu audžu apsaimniekošanas režīmam, lai samazinātu trapes izraisītos zaudējumus.

- 2) analizēt sakņu piepes izplatību lauksaimniecības un meža zemēs.

Iepriekš veiktos pētījumos ir noskaidrots, ka lauksaimniecības zemēs egļu saknēs micēlijs izplatās ātrāk (Woodward *et al.*, 1998), turklāt Baltkrievijā veiktā pētījumā secināts, ka *P. sylvestris* plantācijās, kas ierīkotas bijušajās lauksaimniecības zemēs, kokiem ir vāji attīstīta mikoriza, un tie ir stipri inficēti ar *H.annosum* (Fedorov, 1994). Lai izstrādātu rekomendācijas lauksaimniecības zemju apmežošanai, ierobežojot sakņu trapes izplatību, un ieteiktu piemērotākās koku sugas, nepieciešams veikt lauksaimniecības zemēs ierīkoto kokaugu stādījumu monitoringu un izvērtēt sakņu piepes attīstību veicinošos faktorus. Līdzšinējos LVMI Silava pētījumos pamatā ir analizēta biotisko faktoru loma (Arhipova *u.c.*, 2008; Gaitnieks *u.c.*, 2009). Turpmākajā darbā, sadarbībā ar Meža vides laboratoriju tiks analizēta abiotisko, galvenokārt edafisko, faktoru nozīme.

- 3) novērtēt augsnes apstrādes ietekmi uz trupi izraisīto sēņu sastopamību un bioloģisko daudzveidību.

2017. gadā ir ierīkots eksperiments, lai noteiktu *Heterobasidion* micēlija saglabāšanos trupējušos sakņu fragmentos un skuju koku stādu inficēšanos. Pētījumi tiks veikti sadarbībā ar Somijas dabas resursu institūta (LUKE) speciālistiem. Minētie eksperimenti tiks turpināti līdz 2025. gadam. Iegūtie rezultāti ļaus izdarīt secinājumus par trupējušo sakņu fragmentu lomu *Heterobasidion* izplatībā pēc celmu izstrādes.

- 4) analizēt citas sakņu/stumbra trupi izraisīto sēnes.

Armillaria ģints sēnes ir viens no bīstamākajiem kokaugu patogēniem Latvijā un pasaulē. Inficējot kokaugu saknes, *Armillaria* ģints sēnes var izraisīt skuju koku kalšanu kā primārais patogēns, bet var inficēt novājinātus kokus kā sekundārais patogēns. 2015. gadā tika ierīkots makslīgās inficēšanas eksperiments, analizējot dažādu *Armillaria* spp. sugu patogenitāti. Turpmākajos pētījumos paredzēts analizēt *Armillaria* spp. sastopamību un izraisītos

zaudējumus pieaugušās egļu audzēs gan ar kūdras, gan minerālaugsnēm. Tiks analizēta arī parastās apmalpiepes *Fomitopsis pinicola* ietekme uz meža veselību.

Pētījumi laikā no 2026. līdz 2030. gadam:

Izveidot modeli sakņu piepes attīstībai priežu un egļu audzēs, ņemot vērā apsaimniekošanas režīmu un audzes inficētības pakāpi – darbs tiks veikts sadarbībā ar Mežkopības virziena speciālistiem.

10.4. Analizēt skuju koku rezistenci pret *Heterobasidion* spp.

Kā viena no mežsaimniecībā praktiski pielietotajām ilgtspējīgajām metodēm sakņu trupes ierobežošanai jāatzīmē pret sakņu piepi rezistentāka, vietējiem apstākļiem piemērotāka, stādmateriāla izmantošana. Lielākoties rezistences pētījumiem tiek izmantots klonāli pavairots stādmateriāls (Swedjemark and Stenlid, 1997; Swedjemark *et al.*, 1998). Ir noskaidrots, ka skuju koku rezistence ir atkarīga no genotipa, tomēr vēl aizvien tiek veikti pētījumi, kuros tiek analizēti gēni, kas nodrošina kokaugu rezistenci. Latvijā jaunas *P. abies* un *P. sylvestris* klonu plantācijas ierīkotas tikai pētnieciskiem nolūkiem, tāpēc LVMI Silava līdz šim veikti rezistences pētījumi stādmateriālam ar dažādu genotipu (sēklu materiāls), bet vienādu izcelsmes vietu (proveniences). Analizējot mākslīgi inficētus 626 egļu un 540 priežu stādus no 11 dažādām izcelsmes vietām, konstatēts, ka zemāka uzņēmība pret sakņu piepes infekciju raksturo stādus, kuru sēklas iegūtas priežu – austrumu – un egļu – centrālā – reproduktīvā materiāla ieguves apgabalos. Mūsu pētījumos ir noskaidrots, ka sakņu piepi izraisīšie patogēni ir izteikti saimniekspecifiski (Zaluma *et al.*, 2015) Tomēr jāņem vērā, ka stādu mākslīgā inficēšana atšķiras no dabiskās infekcijas sakņu kontaktu ceļā, tāpēc, lai paaugstinātu skuju koku rezistenci pret sakņu piepi, 2021.-2035. gadā nepieciešams:

- 1) pārbaudīt priežu brīvapputes pēcnācēju uzņēmību pret sakņu piepes infekciju sakņu kontaktu ceļā jaunaudzēs vecumā (2015. gadā ierīkots eksperiments);
- 2) noskaidrot atšķirīgu skuju koku provenienču uzņēmību pret sakņu piepi;
- 3) analizēt rezistentāko provenienču /ģimeņu ģenētisko materiālu.

Minētie pētījumi tiks veikti sadarbībā ar Selekcijas un Ģenētikas virziena speciālistiem.

11. IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Arhipova, N. (2012). Heart rot of spruce and alder forests in Latvia – impact and possibilities for silvicultural control. Doctoral thesis. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, 48 pp.
- Arhipova, N., Donis, J., Gaitnieks, T., Liepa, I. (2010). Sakņu un stumbra trupi izraisīto sēņu sastopamība egļu audzēs – lapu koku piemistrojuma ietekme uz *Heterobasidion* spp. izplatību. *Mežzinātne*, 22 (55): 70 - 87.
- 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.
- Arhipova, N., Gaitnieks, T., Nikolajeva, V., Vulfa, L., Mihailova, A. (2008). Baltalkšņa ietekme uz egļu sakņu rizosfēras mikrofloru un tās antagonismu pret *Heterobasidion annosum*. *Mežzinātne*, 17 (50): 9-21.
- Baumanis, I., Birģelis, J. Paegle, M. (1992). Klinškalnu priede (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Englem) un tās introdukcijas perspektīva Latvijā. *Mežzinātne*, 2 (35), 4-15.
- Baumanis, I., Jansons, Ā., Neimane, U. (2014). Priede. Selekcija, ģenētika un sēklkopība Latvijā. Salaspils: Daugavpils Universitātes akadēmiskais apgāds “Saule”, 325 lpp.
- Baumanis, I., Pīrāgs, D., Smilga, J. (1986). Mareja priede. Ātraudzīgās introducēto skuju koku sugas meža kultūrās. Apskats. Rīga: LatZTIZPI, 34-42.
- Bendz-Hellgren, M., Brandtberg, P.O., Johansson, M., Swedjemark, G., Stenlid, J. (1999). Growth rate of *Heterobasidion annosum* in *Picea abies* established on forest land and arable land. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14: 402-407.
- Bendz-Hellgren, M., Lipponen, K., Solheim, H., Thomsen, I. (1998). The Nordic Countries. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hütermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK, 333-345.
- Berglund, M., Rönnerberg, J., Holmer, L., Stenlid, J. (2005). Comparison of five strains of *Phlebiopsis gigantea* and two *Trichoderma* formulations for treatment against natural *Heterobasidion* spore infections on Norway spruce stumps. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20: 12–17.
- 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.

- Brauners I. (2018). Heterobasidion izraisītā sakņu trupe maza diametra skujkoku celmos. Promocijas darbs. Salaspils, Jelgava. 51. lpp.
- Brauners, I., Brūna, L., Gaitnieks, T. (2014). Testing the ‘Rotstop’ biological preparation for controlling Heterobasidion root rot in Latvia. *Research for Rural Development*, 2: 97-102.
- Burņeviča, N., Jansons, Ā., Zaļuma, A., Kļaviņa, D., Jansons, J., Gaitnieks, T. (2016). Fungi inhabiting bark stripping wounds made by large game on stems of *Picea abies* (L.) Karst. in Latvia. *Baltic Forestry*, 22(1): 2-7.
- Cleary, M.R., Arhipova, N., Morrison, D.J., Thomsen, I.M. Sturrock, R.N., Vasaitis, R., Gaitnieks, T., Stenlid, J. (2013). Stump removal to control root disease in Canada and Scandinavia: A synthesis of results from long term trials. *Forest Ecology and Management*, 290 (15): 5-14.
- Dalman, K. 2010. *Heterobasidion* root rot. Genetical mapping of virulence and evolutionary history. Doctoral thesis. Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, 67 pp.
- Delatour, C., Weissenberg, K., Dimitri, L. (1998). Host resistance. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Wallingford: CAB International, UK, 143-167.
- Drenkhan, T., Hanso, S., Hanso, M. (2008). Effect of the stump treatment with *Phlebiopsis gigantea* against Heterobasidion root rot in Estonia. *Baltic Forestry*, 14(1): 16–25.
- Fedorov, N. (1994). Root rots of pine plantations in Belarus. – In: Johansson, M., Stenlid, J. (eds.) Proceedings of Eighth IUFRO Conference on Root and Butt Rots. Wik, Sweden, Haikko, Finland, 9-16 August, 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 572 –576.
- Forest Research (2018). Conifer root and butt rot – risk-based stump treatment. <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/pest-and-disease-resources/conifer-root-and-butt-rot/conifer-root-and-butt-rot-risk-based-stump-treatment/>
- Gaitnieks, T. (2014). Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte. Starpatskaite. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, 169 lpp.
- Gaitnieks, T. (2016). Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte. Starpatskaite. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, 48. lpp.
- Gaitnieks, T. (2017). Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte. Starpatskaite. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, 35 lpp.
- Gaitnieks, T. (2018). Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte. Starpatskaite. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, 42 lpp.

- 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., Arhipova, N., Nikolajeva, V., Vulfa, L., Balašova, I., (2009). Egļu sakņu rizosfēras mikrofloras antagonisms pret *Heterobasidion annosum*. *Mežzinātne*, 19: 91–108.
- Gaitnieks, T., Brauners, I., Kenigšvalde, K., Zaļuma, A., Brūna, L., Jansons, J., Burņeviča, N., Lazdiņš, A., Vasaitis, R. (2018). Infection of pre-commercially cut stumps of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* by *Heterobasidion* spp. – a comparative study. *Silva Fennica*, 52 (1): 1-7.
- Gonthier, P., Nicolotti, G. (2013). Infectious Forest Diseases. Wallingford: CAB International, 641 pp.
- Gonthier, P., Thor, M. (2013). Annosus root and butt rots. – In: Gonthier, P., Nicolotti, G. (eds.) Infectious Forest Diseases. Wallingford: CAB International, 128.–158.
- Greig, B.J.W., Low, J.D. (1975). An experiment to control *Fomes annosus* in second rotation pine crops. *Forestry*, 48 (2): 147-163.
- Gunulf, A., Mc Carthy, R., Rönnerberg, J. (2012). Control efficacy of stump treatment and influence of stump height on natural spore infection by *Heterobasidion* spp. of precommercial thinning stumps of Norway spruce and birch. *Silva Fennica*, 46 (5): 655–665.
- Hagner, S. (1983). *Pinus contorta*: Sweden`s third conifer. *Forest Ecology and Management*, 6: 185-199.
- Hodges, C.S. (1969). Modes of infection and spread of *Fomes annosus*. *Annual Review of Phytopathology*, 7: 247–266.
- Holdenrieder, O., Greig, B. J. W. (1998). Biological methods of control. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK, 235-258.
- Hunt, R.S., Wilcox, W.W., Cobb, F.W. (1974). Resistance of stump tops to colonization by *Fomes annosus*. *Canadian Journal of Forest Research* 4: 140-142.
- Johansson, S. M., Pratt, J. E., Asiegbu, F. O. (2002). Treatment of Norway spruce and Scots pine stumps with urea against the root and butt rot fungus *Heterobasidion annosum* – possible modes of action. *Forest Ecology and Management*, 157: 87-100.

- Kärh , K., Koivusalo, V., Palander, T., Ronkanen, M. (2018). Treatment of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* stumps with urea and *Phlebiopsis gigantea* for control of *Heterobasidion*. *Forests*, 9 (3): 139.
- Karlman, M. (1981). The introduction of exotic tree species with special reference to *Pinus contorta* in northern Sweden. Review and background. *Studia Forestalia Suecica*, 158: 1-25.
- Karlman, M. (2001). Risks associated with the introduction of *Pinus contorta* in northern Sweden with respect to pathogens. *Forest Ecology and Management*, 141: 97-105.
- Kenigshalde, 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. Doi: 10.1080/02827581.2015.1085081
- Kenigshalde, K., Brauners, I., Zaļuma, A., Jansons, J., Gaitnieks, T. (2017). Biological protection of conifer against *Heterobasidion* infection -interaction between root-rot fungus and *Phlebiopsis gigantea*. *Research for Rural Development*, 1: 69-75.
- Kenigshalde, K., Donis, J., Korhonen, K., Gaitnieks, T. (2011). *Phlebiopsis gigantea* skujkoku celmu bioloģiskajā aizsardzībā pret *Heterobasidion annosum* s.l. izraisīto sakņu trupi – literatūras apskats. *Mezzin tne*, 23 (56): 25-40.
- Knight, D.H., Baker, W.L., Engelmark, O., Nilsson, C. (2001). A landscape perspective on the establishment of exotic tree plantations: lodgepole pine (*Pinus contorta*) in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 141: 131.-142.
- Korhonen K., Stenlid, J. (1998). Biology of *Heterobasidion annosum*. – In: Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (eds.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. Wallingford: CAB International, 43-70.
- Korhonen, K. (1978). Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 94: 1-25.
- Korhonen, K., Capretti, P., Karjalainen, R., Stenlid, J. (1998a). Distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility group in Europe. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. Wallingford: CAB International, 93-105.
- Korhonen, K., Delatour, C., Greig, B.J. W., Sch nar, S. (1998b). Silvicultural control. – In: *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.). Wallingford: CAB International, 283.-315.
- Korhonen, K., Holdenrieder, O. (2005). Neue Erkenntnisse  ber den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s.l.). *Forst und Holz*, 5: 206–211.

- 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., Stenlid, J. (1998). Biology of *Heterobasidion annosum*. – In: Woodward, S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (eds.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK: 43-70.
- Łakomy P., Cieślak R. (2008). Early infection of *Fagus sylvatica* by *Heterobasidion annosum* sensu stricto. *Forest Pathology*, 38 (5): 314-319.
- Lauska, A. (1961). Sakņu trupe (*Fomes annosus* Fr.) priežu audzēs. *Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas Vēstis*, 12: 123-124.
- Lazdiņa, D. (2013). Priedes sēšanas ekonomisko un mežsaimniecisko faktoru izvērtējums. 54 lpp.
- Lygis, V., Vasiliauskas, R., Stenlid, J. (2004). Planting *Betula pendula* on pine sites infested by *Heterobasidion annosum*: disease transfer, silvicultural evaluation, and community of wood-inhabiting fungi. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 120–130.
- Morrison, D.J., Redfern, D.B. (1994). Long-term development of *Heterobasidion annosum* in basidiospore-infected Sitka spruce stumps. *Plant Pathology*, 43: 897-906.
- Müller, M.M., Heinonen, J., Korhonen, K. (2007). Occurrence of *Heterobasidion* basidiocarps on cull pieces of Norway spruce left on cutting areas and in mature spruce stands. *Forest Pathology*, 37: 374–386.
- Nicolotti, G., Gonthier, P. (2005). Stump treatment against *Heterobasidion* with *Phlebiopsis gigantea* and some chemicals in *Picea abies* stands in the western Alps. *Forest Pathology*, 35: 365–374.
- Niemelä, T., Korhonen, K. (1998). Taxonomy of the genus *Heterobasidion*. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Wallingford: CAB International, 27-33.
- Oliva, J., Bernat, M., Stenlid, J. (2013). Heartwood stump colonization by *Heterobasidion parviporum* and *H. annosum* s.s. in Norway spruce (*Picea abies*) stands. *Forest Ecology and Management*, 295: 1-10.
- Oliva, J., Samils, N., Johansson, U., Bendz-Hellgren, M., Stenlid, J. (2008). Urea treatment reduced *Heterobasidion annosum* s.l. root rot in *Picea abies* after 15 years. *Forest Ecology and Management*, 255 (7): 2876-2882.

- Otrosina, W. J., Garbelotto, M. (2010). *Heterobasidion occidentale* sp. nov. and *Heterobasidion irregulare* nom. nov.: A disposition of North American *Heterobasidion* biological species. *Fungal Biology*, 114: 16 – 25.
- Ottosson, E. (2013). Succession of wood-inhabiting fungal communities. Doctoral thesis, Uppsala, Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, 61 pp.
- Pettersson, M., Rönnberg, J., Vollbrecht, G., Gemmel, P. (2003). Effect of thinning and *Phlebiopsis gigantea* stump treatment on the growth of *Heterobasidion parviporum* inoculated in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18: 362 – 367.
- 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.
- 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. (2000). Response of compensatory-fertilized *Pinus sylvestris* to infection by *Heterobasidion annosum*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15 (2): 218-224.
- Piri, T., Hamberg, L. (2015). Persistence and infectivity of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce root residuals following stump harvesting. *Forest Ecology and Management*, 353: 49 – 58.
- 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.
- Pratt, J. E. (2000). Effect of inoculum density and borate concentration in a stump treatment trial against *Heterobasidion annosum*. *Forest Pathology*, 30: 277–283.
- Pratt, J.E. (1994). Some experiments with borates and with urea to control stump infection by *H. annosum* in Britain. – In: Johansson, M., Stenlid, J. (eds.). Root and butt rots: proceedings of the IUFRO Working Party S2.06.01, Wik, Sweden and Haikko, Finland, 9-16 August, 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden: 662–667.
- Progar, R.A., Schowalter, T.D., Freitag, C.M., Morrell, J.J. (2000). Respiration from coarse woody debris as affected by moisture and saprotroph functional diversity in Western Oregon. *Oecologia*, 124 (3): 426-431.
- Puliti, S., Talbot, B., Astrup, R. (2018). Tree-stump detection, segmentation, classification, and measurement using unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *Forests*, 9 (3): 102

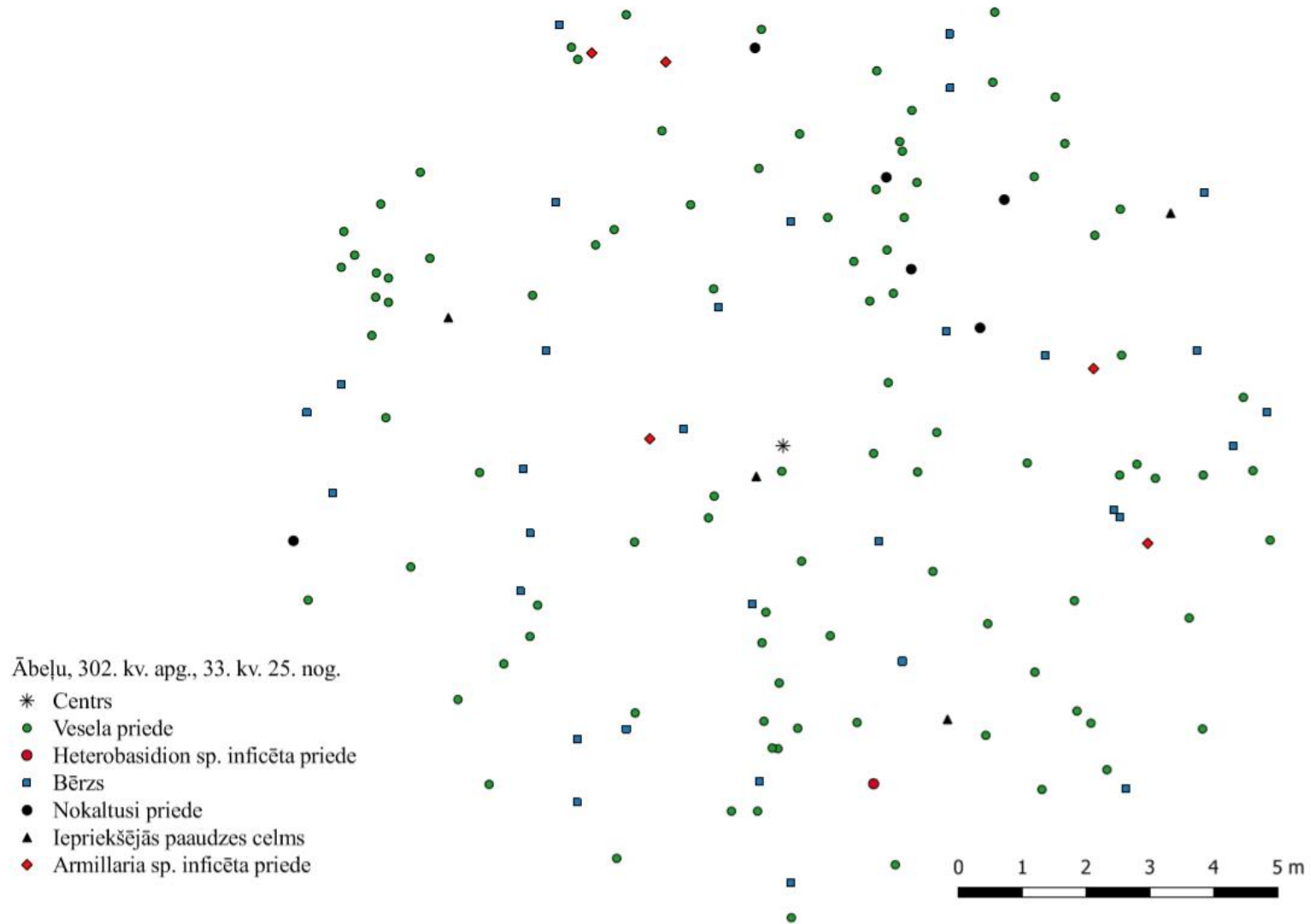
- Redfern, D.B. (1993). The effect of wood moisture on infection of Sitka spruce stumps by basidiospores of *Heterobasidion annosum*. *European Journal of Forest Pathology*, 23: 218-235.
- Redfern, D.B., Stenlid, J. (1998). Spore dispersal and infection. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hütermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, 105-113.
- Rishbeth, J. (1959). Dispersal of *Fomes annosus* Fr. and *Peniophora gigantea* (Fr.) Masee. *Trans British Mycological Society*, 42: 243-260.
- Rönnerberg, J., Sidorov, E., Petrylaite, E. (2006). Efficacy of different concentrations of Rostop® and Rostop® S and imperfect coverage of Rotstop® S against *Heterobasidion* spp. spore infections on Norway spruce stumps. *Forest Pathology* 36: 422-433.
- Rönnerberg, J., Svensson, S. (2013). Susceptibility of lodgepole pine to *Heterobasidion annosum* and *Heterobasidion parviporum* in Central Sweden. – In: Capretti, P., Comparini, M., La Porta, N., Santini, A. (eds). XIII conference root and butt rot of forest trees IUFRO Working Party 7.02.01. Firenze, Italy, 4 – 10 September 2010. Firenze University press, 151.-154.
- Sierota, Z. (1995). Rola grzyba *Phlebiopsis gigantea* (Fr.:Fr.) Julich w ograniczaniu huby korzeni w drzewostanach sosny zwyczajnej (*P. sylvestris* L.) na gruntach porolnych. *Prace IBL, seria A*, 810: 163-167.
- Sisenis, L. (2013). Klinškalnu priedes (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Englem.) introdukcijas perspektīvas Latvijā. Promocijas darbs. LLU Mežkopības katedra. Jelgava, 117 lpp.
- Stenlid, J. (1985). Population structure of *Heterobasidion annosum* as determined by somatic incompatibility, sexual incompatibility and isozyme patterns. *Canadian Journal of Botany*, 63: 2268 – 2273.
- Stenlid, J. (1987). Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2: 187-198.
- Stenlid, J., Redfern, D.B. (1998). Spread within the tree and stand. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hütermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. CAB International, Wallingford, UK, 125-141.
- Stivriņa, B., Kenigšvalde, K., Gaitnieks, T. (2010). Lielu dimensiju ciršanas atlieku ietekme uz *Heterobasidion* spp. infekcijas izplatību. *Mežzinātne*, 22 (55): 88–102.

- Swedjemark G., Stenlid J., Karlsson B. (1998). Genetic variation among clones of *Picea abies* in resistance to growth of *Heterobasidion annosum*. *Silvae Genetica*, 46(6): 369-374.
- Swedjemark, G. Stenlid, J. (1993). Population dynamics of the root rot fungus *Heterobasidion annosum* following thinning of *Picea abies*. *Oikos*, 66(2): 247-254.
- Swedjemark, G., Stenlid, J. (1997). Between-tree and between-isolate variation for growth of S-group *Heterobasidion annosum* in sapwood of *Picea abies* cuttings. *Canadian Journal of Forest Research*, 27: 711-715.
- Thor, M., Stahl, G., Stenlid, J. (2005). Modelling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20: 165-176.
- Thor, M., Stenlid, J. (2005). *Heterobasidion annosum* infection of *Picea abies* following manual or mechanized stump treatment. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20(2): 154-164.
- Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I.M., Barklund, P., Dahlberg, A. (2008). Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica*, 42(3): 457-483.
- Vasiliauskas, R., Lygis, V., Thor, M., Stenlid, J. (2004). Impact of biological (Rotstop) and chemical (urea) treatments on fungal community structure in freshly cut *Picea abies* stumps. *Biological Control*, 31(3): 405–413.
- Westlund, A., Nohrstedt, H. (2000). Effects of stump-treatment substances for root-rot control on ground vegetation and soil properties in a *Picea abies* forest in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15: 550–560.
- Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hütermann, A. (1998). *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK, 589 pp.
- Zaļuma, A., Gailis, A., Burņeviča, N., Gaitnieks, T. (2016). Susceptibility to *Heterobasidion annosum* s.l. in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* seedlings of various origin. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B*. 70 (1): 29–33.
- Zaluma, A., Gaitnieks, T., Arhipova, N., Vasaitis, R. (2015). Growth rates of *Heterobasidion annosum* s.s. and *H. parviporum* in functional sapwood of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. *Forest Pathology*, 45 (5): 437-439. DOI: 10.1111/efp.12220
- Zaluma, A., Muižnieks, I., Gaitnieks, T., Burņeviča, N., Jansons, Ā., Stenlid, J., Vasaitis, R. (2019). Infection and spread of root rot caused by *Heterobasidion* spp. in *Pinus contorta* plantations: three case studies. Iesniegts žurnālā *Canadian Journal of Forest Research* publicēšanai.
- Василяускас, А. 1989. Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов. Вильнюс, 175 с.

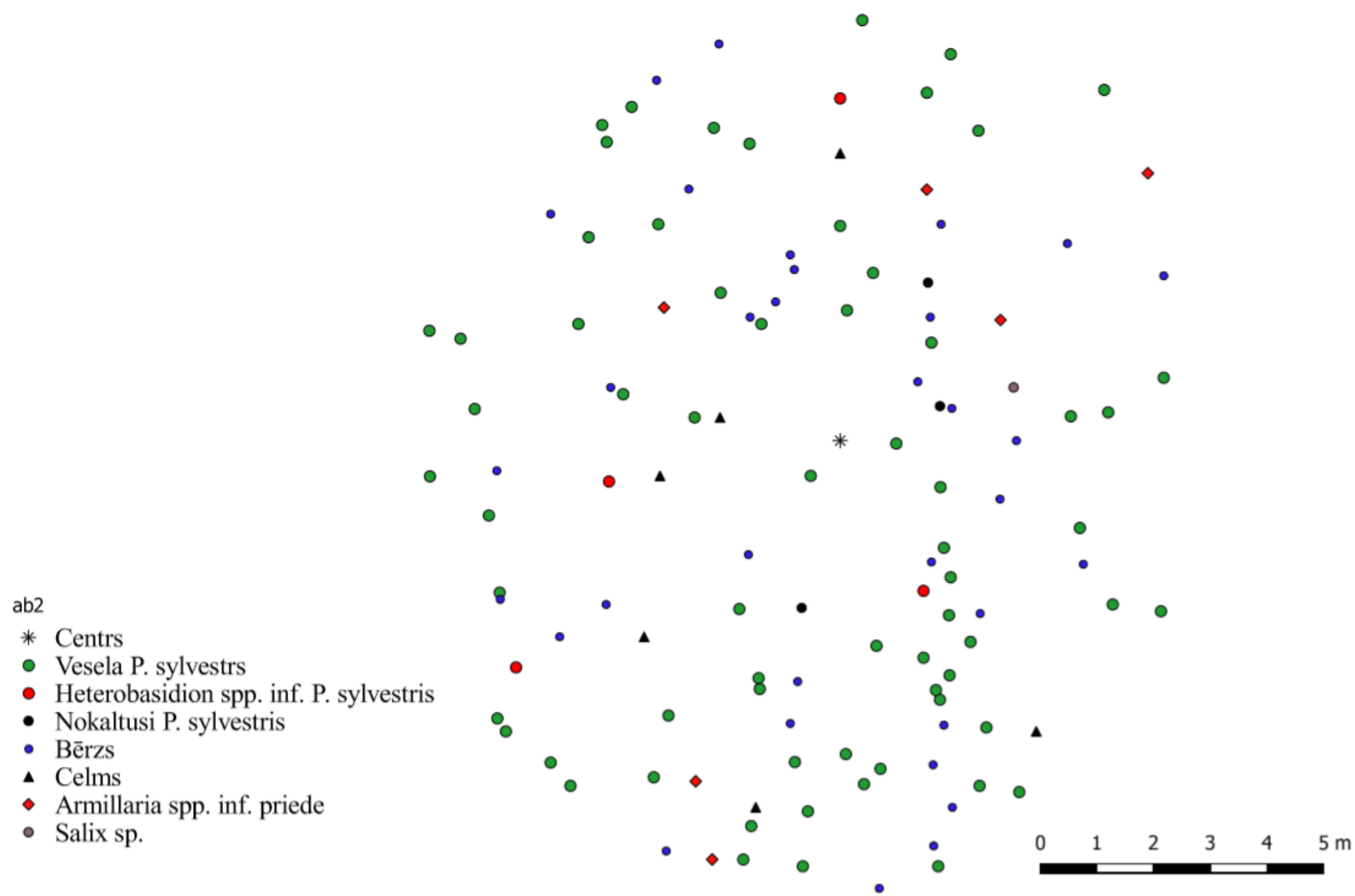
Негруцкий, С. Ф. (1986). Корневая губка. – М.: Агропромиздат, 196 с.

PIELIKUMI

1. pielikums. Ābeļu 1 parauglaukums celmenes izplatības dinamikas novērtējumam.



2.pielikums. Ābeļu 2 parauglaukums celmenes izplatības dinamikas novērtējumam.



3. pielikums. 2018. gadā apsekoto priežu jaunaudžu raksturojums.

Kv. apg.	Kv.	Nog.	Platība, ha	Tips	Izcelsme	Vecums, gadi	Koordinātas		Kaltuši koki	Ar sakņu piepi inficēti koki
							x	y		
201	436	7	0.60	3	1	10	349604	308747	2	0
708	41	28	0.53	4	2	11	359178	336555	3	0
708	149	23	0.47	4	2	13	350206	348065	2	0
207	305	5	0.68	4	2	11	392548	293144	16	0
211	216	2	0.99	4	2	12	395202	283114	0	0
206	383	31	1.62	4	2	8	386376	285859	22	0
206	341	32	1.51	4	2	9	383995	288232	6	0
709	292	15	0.50	4	2	19	369257	339968	7	0
710	164	13	0.62	4	2	13	375470	350721	24	1
208	126	39	0.99	4	2	9	416639	290623	18	0
713	184	4	0.71	4	2	20	367104	334280	6	5
206	179	9	0.38	4	2	11	386451	305064	5	1
202	550	17	0.54	4	2	11	404374	319707	0	0
202	256	2	0.19	3	2	9	393022	327777	1	0
202	12	38	0.36	4	2	12	394318	334472	1	0
202	230	29	0.40	2	2	10	378198	324636	0	0
713	363	28	0.85	2	2	19	385781	333171	12	3
704	385	11	0.64	4	2	12	372610	362706	19	0
206	140	15	0.81	4	2	11	383315	309408	7	1
211	32	3	0.74	4	2	11	386026	277357	25	0

3. pielikuma turpinājums. 2018. gadā apsekoto priežu jaunaudzū raksturojums.

Kv. apg.	Kv.	Nog.	Platība, ha	Tips	Izcelsme	Vecums, gadi	Koordinātas		Kaltuši koki	Ar sakņu piepi inficēti koki
							x	y		
205	114	23	0.45	4	2	18	369025	296110	2	2
207	104	22	0.76	3	2	12	392144	297196	0	0
713	246	5	0.59	4	1	20	371098	332864	0	0
704	140	37	0.89	2	2	9	367353	362841	65	24
701	355	2	0.39	2	2	15	364016	372518	3	2
701	407	23	0.55	3	2	9	363449	368128	0	2
713	398	22	0.49	2	2	10	388892	332035	9	0