



PĀRSKATS PAR PĒTĪJUMA 2017. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Sakņu trapes 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. Tālis Gaitnieks, LVMI Silava vadošais
pētnieks

Salaspils, 2017

Saturs

Kopsavilkums	3
Summary.....	4
Darba uzdevumi.....	5
1. <i>Heterobasidion</i> spp. micēlija sastopamības novērtējums mākslīgi inficētos kokos	6
2. Sakņu trupes izplatības novērtējums priežu audzēs	11
3. <i>Armillaria</i> spp. izplatības dinamikas analīze	17
4. Sakņu trupi izraisošo sēņu sastopamība stādītās un dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzēs	20
5. Augsnes apstrādes ietekmes novērtējums uz <i>Heterobasidion</i> spp. sastopamību.....	25
6. Priežu celmu sakņu paraugu analīze, novērtējot <i>Heterobasidion</i> spp. izplatību maza diametra skuju koku celmos	29
7. <i>P. gigantea</i> micēlija attīstības pārbaude trupējušā egles koksnē	33
8. Sakņu piepes un celmenes sastopamības novērtējums stipri inficētās priežu jaunaudzēs	35
9. Mežizstrādes atlieku uzskaitē un trupējušās koksnes apjoma novērtējums egļu audzēs pēc krājas kopšanas un galvenās cirtes	39
10. Bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitātes salīdzinājums sakņu piepes <i>Heterobasidion</i> spp. sporu infekcijas ierobežošanā	45
11. Publikācijas sagatavošana	46
Secinājumi	47
Literatūra	48

Kopsavilkums

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

Etapu starpziņojumā (2017. gada septembris) tika aprakstīta daļa iegūto rezultātu: tika noskaidrots, ka 3 no 20 (15%) četrus līdz piecus gadus vecos priežu celmos saglabājas *Heterobasidion* spp. infekcija. Sakņu piepes konīdijnesēji netika konstatēti augsto celmu (80 cm) saknēs, bet *Heterobasidion* spp. atrasts priežu celmos, kuru augstums nepārsniedza 30 cm. Noskaidrots, ka egļu audzēs pēc galvenās un krājas kopšanas cirtes no kopējā atstāto lielu dimensiju mežizstrādes atlieku daudzuma vidēji 2 % sastāda svaigas, trupējušas atliekas.

2017. gadā ievākti un analizēti dati par sakņu piepes micēlija sastopamību mākslīgi inficētos deviņu sugu koku stumbros (paņemti 360 koksnes paraugi). Konstatēts, ka sakņu piepes micēlijs attīstījies tikai skuju kokos (23 eglēs, sešās lapeglēs un vienā priedē). Dienvidkurzemē tika ierīkoti trīs parauglaukumi, lai novērtētu *Armillaria* spp. izplatības dinamiku. 2017. gada veģetācijas sezonas beigās *Armillaria* spp. augļķermeņi vai rizomorfās konstatētas visos trijos ierīkotajos parauglaukumos. Lai noteiktu sakņu trupes sastopamību parasto priežu audzēs, 2017. gadā tika turpināta datu ievākšana. Secināts, ka sakņu piepe izraisījusi koku kalšanu piektajā daļā no 2016. - 2017. gadā 59 apsekotajām priežu audzēm.

Tika turpināta dabiski atjaunojušos un stādītu priežu jaunaudzju apsekošana. 2016. un 2017. gadā, kopā apsekojot 25 jaunaudzes, sakņu piepes infekcija atrasta 13 audzēs (52%). Pētījumā, kurā analizēta sakņu piepes un celmenes izplatības dinamika stipri inficētās jaunaudzēs, secināts, ka pat piektā daļa no jaunaudzes kopējās platības var būt pakļauta sakņu piepes infekcijas riskam.

Lai novērtētu bioloģisko (“Rotstop”) un ķīmisko (urīnviela) preparātu efektivitāti egļu celmu aizsardzībā, 2017. gada 14. jūlijā ierīkots eksperiments. Kopā izmantoti 120 celmi. Lai pārbaudītu *Heterobasidion* spp. micēlija saglabāšanos maza tilpuma sakņu fragmentos pie 303 stādiem (151 priežu un 152 egļu) augsnē iestrādāti 704 inficētu sakņu fragmenti.

Publikācija par sakņu piepes sastopamību maza diametra skuju koku celmos apstiprināta publicēšanai žurnālā “Silva Fennica” (<https://doi.org/10.14214/sf.9911>).

Summary

Research “Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte” has been initiated in 2016, the aim of this study is to analyse the influence of biological, abiotic and anthropogenic factors on the spread of root rot and, as a result, develop recommendations for control of root rot in intensive forest management practices.

Part of the acquired results was described in previous report in September 2017. After analyses was concluded that: *Heterobasidion* spp. was present in 3 (15%) of 20 analysed pine stumps. *Heterobasidion* spp. was found in stumps of height 30 cm, however infection was not present in stumps of height 80 cm. After commercial and final fellings proportion of freshly cut decayed woody debris left in forest was 2.0%.

In the experiment about occurrence of *Heterobasidion* spp. mycelium in artificially inoculated 9 tree species 360 wood samples were collected. Results showed that *Heterobasidion* sp. was present only on conifers (23 spruces, 6 larches, 1 pine). In Dienvidkurzeme three sample plots were selected for further evaluation of dynamics of spread of *Armillaria* spp., in the autumn 2017. *Armillaria* spp. fruitbodies or rhizomorphs have been found in all sample plots. To assess the occurrence of root rot in mature pine stands more data were obtained and, in total, *Heterobasidion* infection was observed in one fifth of pine stands (in total, 59 mature pine stands were inspected in 2016 and 2017).

Root rot was present in naturally and artificially regenerated pine stands, in total, 25 stands were inspected and *Heterobasidion* infection was present in 13 pine stands (data obtained in 2016 and 2017). Infected area could reach one fifth from the total territory of young pine stand (in stands, where potential of the *Heterobasidion* spp. infection is high).

Sample plots in spruce stands were established to analyse efficacy of biological (*P. gigantea* isolates) and chemical (urea) preparations against root rot. In total, 120 stumps were treated. To evaluate persistence and infectivity of *Heterobasidion* spp. in peat soil, in Norway spruce root residuals following stump harvesting, in total, 704 root residuals had been dug in to the soil near to the pine (151) and spruce (152) seedlings.

One publication about occurrence of *Heterobasidion* in small diameter pine and spruce stumps has been accepted for the publication in the journal “Silva Fennica” (<https://doi.org/10.14214/sf.9911>).

Darba uzdevumi

Saskaņā ar 2016. gada 11. janvārī noslēgto līgumu (Nr. 5-5.5_0004_101_16_4) projekta 2. etapā līdz 2018. gada 1. februārim bija paredzēti sekojoši darba uzdevumi:

1. *Heterobasidion* spp. micēlija sastopamības novērtējums mākslīgi inficētos kokos.
2. Sakņu trapes izplatības novērtējums priežu audzēs.
3. *Armillaria* spp. izplatības dinamikas analīze: parauglaukumu ierīkošana.
4. *Heterobasidion annosum* izplatības salīdzinājums stādītās un dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs.
5. Eksperimenta ierīkošana, lai noteiktu augsnes apstrādes ietekmi uz *Heterobasidion* spp. sastopamību.
6. Priežu celmu sakņu paraugu analīze, novērtējot *Heterobasidion* spp. izplatību maza diametra skuju koku celmos.
7. *P. gigantea* micēlija attīstības pārbaude trupējušā egles koksnē, eksperimenta ierīkošana.
8. Sakņu piepes sastopamības novērtējums stipri inficētās priežu jaunaudzēs.
9. Mežizstrādes atlieku uzskaitē un trupējušās koksnes apjoma novērtējums egļu audzēs pēc krājas kopšanas un galvenās cirtes.
10. Bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitātes salīdzinājums sakņu piepes *Heterobasidion* spp. sporu infekcijas ierobežošanā.
11. Publikācijas sagatavošana.

1. *Heterobasidion* spp. micēlija sastopamības novērtējums mākslīgi inficētos kokos

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).

Lai gan kā saimniekaugi *Heterobasidion* sugu kompleksa patogēniem pamatā aprakstīti skuju koki, tomēr mistrotās audzēs konstatēta arī lapu koku inficēšanās (Korhonen *et al.*, 1998a,b; Korhonen and Stenlid, 1998; Gonthier and Thor, 2013), un atsevišķas publikācijas liecina, ka var tikt inficētas arī lapu koku tīraudzes (Lygis *et al.*, 2004; Łakomy and Cieślak, 2008). Kopumā sakņu un stumbra trupe, ko izraisa *Heterobasidion* sēņu sugu kompleksa patogēni, konstatēta vairāk nekā 200 dažādām kokaugu sugām. Nereti inficējas introducētas koku sugas, kas nav adaptējušās klimatiskajiem apstākļiem (Korhonen and Stenlid, 1998).

Latvijas apstākļos galvenie *Heterobasidion* sugu kompleksa saimniekaugi ir parastā egle (*Picea abies* (L.) Karst.) un parastā priede (*Pinus sylvestris* L.). Lai noskaidrotu, ar kādu koku sugu atjaunot tās platības, kur konstatēta sakņu piepe, nepieciešams noteikt dažādu koku sugu uzņēmību Latvijas apstākļos. Tāpēc 2007. gadā, konsultējoties ar kolēģiem no Zviedrijas (R. Vasaitis, J. Stenlid), tika izvēlētas 9 koku sugas *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth, *Alnus incana* (L.) Moench, *Alnus glutinosa* L., *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua* Mill., lai Kalsnavā Meža pētīšanas stacijas teritorijā 9 audzēs ierīkotu mākslīgās inficēšanas eksperimentu un noteiktu šo koku sugu uzņēmību pret *Heterobasidion annosum* un *Heterobasidion parviporum*.

Materiāls un metodika

Inficējamā materiāla sagatavošana veikta Zviedrijā R. Vasaitis vadībā Zviedrijas Lauksaimniecības universitātē (SLU). Koku inficēšanai izmantoti Zviedrijā iegūti izolāti *Heterobasidion parviporum* (Rb 175) un *Heterobasidion annosum* (358 RW). Inficējamā materiāla sagatavošanai izmantota iesala agara barotne. Barotnes sastāvs: iesala ekstrakts -15 g, agars - 12 g, ūdens - 1000 ml. Barotne autoklāvēta 20 min 121°C temperatūrā.

Uz iesala agara barotnes tika uzlikti trīs reizes autoklāvēti (20 min 121 °C temperatūrā) egles koksnes gabaliņi (Ø 5 mm; apmēram 20 mm gari). Pēc tam *H. annosum* un *H. parviporum* micēlija izolāti (no tīrkultūras izgriezti iesala agara gabaliņi 5 mm x 5 mm)

ievietoti Petri platē ar sagatavoto egles koksni. Inokulāts inkubēts 20 °C temperatūrā 4 nedēļas, līdz sakņu piepe pilnībā kolonizēja koksni.

2008. gada maijā koku vainagu stāvokli vizuāli novērtēja, izvēloties tikai veselos kokus. Kalsnavā Meža pētīšanas stacijas teritorijā mākslīgi inficēja 360 kokus (40 kokus no katras koku sugas), bet 90 kokos (10 no katras koku sugas) urbuma vietā ievietotas sterilas *P. abies* koksnes skaidiņas (1.1.tabula)

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

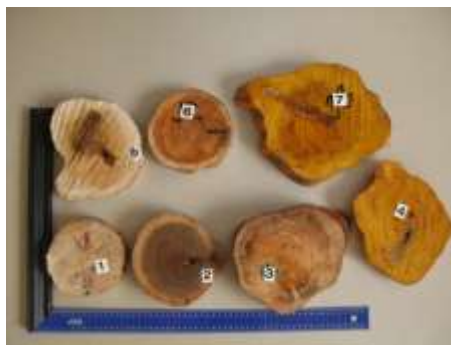
Koku suga	Kvartāls	Nogabals	Platība, ha	Inficēto un kontroles koku vitalitāte	Zāģēšanas datums
Priede	65	14	0.2	46 koki vitāli.	28.06.17.
Egle	60	16	5.8	43 koki vitāli.	03.07.17.
Bērzs	263	10	2.2	49 koki vitāli.	05.09.17.
Melnalksnis	263	10	2.2	48 koki vitāli.	27.07.17.
Osis	263	9	2.4	29 koki vitāli.	24.08.17.
Ozols	222	1	1.1	45 koki vitāli.	18.08.17.
Baltalksnis	260	4	1.2	45 koki vitāli.	19.07.17.
Apse	244	4;10	2.3	49 koki vitāli.	08.08.17.
Lapegle	251	11	1.1	48 koki vitāli.	11.07.17.

Katra koku suga tika inficēta gan ar *Heterobasidion annosum*, gan *Heterobasidion parviporum*. 2008. rudenī kā arī 2009. un 2010. gadā pavasarī, ar Preslera pieauguma svārpstu tika paņemti koksnes paraugi, lai pārliecinātos, vai koki ir inficējušies ar sakņu piepi (Gaitnieks, 2010). Laboratorijā koksnes paraugus sterilizēja liesmā un uzlika uz Petri plates ar iesala – agara barotni (sastāvs aprakstīts iepriekš). Pēc divu nedēļu ilgas inkubācijas visi paraugi tika apskatīti mikroskopā; konstatējot sakņu piepes konīdijnesējus, izdalīja *Heterobasidion* tīrkultūras.

2017. gada aprīlī atzīmēti kaltsēti un bojātie koki, kā arī atjaunots marķējums. 2017. gada 28. jūnijā uzsākta koku zāģēšana (1.1. tabula). Priedes, egles, apses, melnalkšņi, baltalkšņi, ozoli, oši un lapegles nozāģēti, veidojot augsto celmu (20-40 cm), bet pēc tam koksnes paraugs iegūts, zāģējot tieši inokulācijas vietā un iegūstot koksnes ripu 2-3 cm biezumā, virzienā uz sakņu kaklu no inokulācijas punkta (1.1., 1.2. attēls).



1.1. attēls. *F. excelsior* augstais celms.



1.2. attēls. Priedes, ozola, egles, baltalkšņa, melnalkšņa lapegles, apses koksnes ripas

Visus koksnes paraugus nomizoja un, izmantojot birsti, nomazgāja zem tekoša krāna ūdens. Pēc tam tos ievietoja sterilos polietilēna maisos, nodrošinot gaisa cirkulāciju. Koksnes paraugus inkubēja 5-7 dienas istabas temperatūrā. Pēc inkubācijas perioda pārbaudīja *Heterobasidion* sp. konīdijnesēju sastopamību un izdalīja tīrkultūras.

Lai pierādītu, vai no koksnes izdalītie *Heterobasidion* sp. izolāti ir ģenētiski identiski ar sākumā izmantotajām kultūrām, veikti somatiskās saderības testi (Stenlid, 1985).

Rezultāti

2017. gadā lielākais nokaltušo koku skaits konstatēts ošu audzē, kur tika konstatētas *Hymenoscyphus fraxineus* izraisītās infekcijas pazīmes. Tā kā daļa *Hymenoscyphus fraxineus* inficēto koku bija nokaltuši, izgāzti vai nolauzti, kā arī sadalījušies, no tiem paraugus nebija iespējams paņemt (analīzēs netika iekļauti 15 koki).

Egļu parauglaukumā konstatēta septiņu koku bojāeja, vēl divām eglēm nolūzušas galotnes. Tikai no piecām iepriekšminētajām eglēm tika izdalīts *Heterobasidion* sp. Divi no analizētajiem, nokaltušajiem kokiem jau bija stipri trupējuši, iespējams, ka *Heterobasidion* sp. aizstājušas saprofitiskās sēnes. Saprofitiskas sēnes ierobežo sakņu piepes attīstību (Hodges, 1969).

Mūsu pētījumā 2017. gadā konstatēts, ka ar sakņu piepi inficējušās pavisam 23 egles (analizētas gan augošās, gan kaltušās). *Heterobasidion* sp. konīdijnesēji konstatēti 15 eglēm, kas, eksperimentu uzsākot, inficētas ar *H. annosum*, 8 eglēm, kas inficētas ar *H. parviporum*. Turpretī Ziemeļeiropā veiktos pētījumos norādīts, ka *H. parviporum* pamatā inficē egles koksni (Korhonen *et al.*, 1992, Oliva *et al.*, 2013, Gaitnieks, nepublicēti dati). Turklāt LVMI Silava 2012. gadā veiktais pētījums pierāda, ka, mākslīgi inficējot egles stādu aplievu, prognozējama vienlīdz augsta inficētība ar abiem patogēniem: *H. parviporum* inficēja 100 % eglu stādu un

H. annosum 99.5% egļu stādu (Zaļuma *et al.*, 2015). Zema *H. parviporum* sastopamība eglēs, varētu liecināt par konkrētā izolāta virulences samazināšanos vai atsevišķu koku augsto rezistenci. Tomēr G. Swedjemark un J. Stenlid (1997) norāda, ka vienas sugas ietvaros *Heterobasidion* sp. izolātu patogenitātes variācija ir zema. Tāpēc mākslīgās inficēšanas eksperimentos ieteicams izmantot vienu vai nelielu skaitu patogēnu izolātu (Swedjemark, Stenlid, 1997). Lai noteiktu, vai kokos saglabāties un izplatīties *Heterobasidion* sp., ar ko tie tika inficēti, katram izdalītajam izolātam veikts somatiskās saderības tests - rezultāti tiks izvērtēti 2018. gada februārī. Jāņem vērā, ka analizētie koki var būt inficējušies ar sakņu piepes micēliju sakņu kontaktu vietās no blakus augošajiem kokiem vai celmiem vai ar bazīdijsporām, tām kolonizējot brūces (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). Noskaidrots, ka Latvijas apstākļos sakņu piepes izraisītā trupes kolona augošās eglēs sasniedz vidēji 6,6 m augstumu (Arhipova *et al.*, 2011). 2014. gadā LVMI Silava veiktajā eksperimentā noteikts, ka *Heterobasidion parviporum* var konstatēt egles koksnē, ja tai ir pārnadžu bojāta miza (Burņeviča *et al.*, 2016). 2017. gadā, apsekojot mākslīgi inficētos kokus, konstatēts, ka pavisam 19 no 40 analizētajām inficētajām eglēm ir pārnadžu bojātas - uz stumbra redzamas brūces. Tās potenciāli var būt inficētas ar sakņu piepi un citām stumbra trupi izraisošām sēnēm (Burņeviča *et al.*, 2016).

Salīdzinot 2017. gadā iegūtos datus ar 2009. un 2010. gadā iegūtajiem datiem (Gaitnieks, 2010), konstatēts, ka infekcija saglabājusies deviņās no 2009. un 2010. gadā inficētajām eglēm. No piecām eglēm, kuru koksnē konstatēti *Heterobasidion* sp. konīdijnesēji 2009. un 2010. gadā, 2017. gadā *Heterobasidion* sp. netika izdalīts. Iepriekš veiktos citu autoru pētījumos arī ir secināts, ka micēlijs, ar ko stādi, skuju koku zari vai 15 gadus vecas egles ir inficētas, var izzust periodā, kas ilgāks par 3 mēnešiem (Swedjemark and Karlsson, 2006 un publikācijā citētā literatūra).

Sakņu piepe konstatēta arī sešās lapeglēs un vienā priedē, bet netika atrasta nevienā no analizētajām sešām lapu koku sugām. Pavisam tika analizēti 240 lapu koku koksnes paraugi. Iegūtie rezultāti liecina, ka lapu kokus raksturo zema uzņēmība, turpretī skuju koku uzņēmība atšķiras atkarībā no sugas. Līdzīgi rezultāti iegūti arī citos pētījumos Eiropā (Korhonen *et al.*, 1998b; Gonthier and Thor, 2013).

2018. gada martā no kokiem, kuri inficējušies ar eksperimentā izmantoto patogēna izolātu, tiks paņemti koksnes paraugi, lai noskaidrotu, cik augstu sakņu piepes micēlijs ir izplatījies stumbrā.

Secinājums

Lapu koki, salīdzinot ar skuju kokiem, ir mazāk uzņēmīgi pret sakņu piepi, līdz ar to tie izmantojami stipri inficētu platību atjaunošanā.

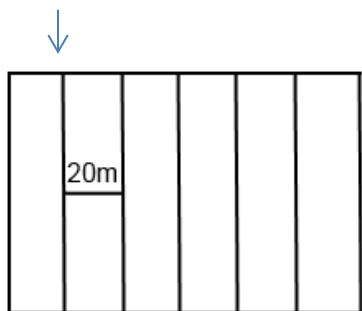
2. Sakņu trupes izplatības novērtējums priežu audzēs

LVMI Silava ir veikti pētījumi, lai noskaidrotu sakņu trupi izraisošo sēņu sastopamību egļu audzēs. Konstatēts, ka gandrīz piektā daļa no izstrādātajiem kokiem ir trupējuši, visbiežāk trupi izraisa sakņu piepe (Arhipova *et al.*, 2011). Par sakņu piepes sastopamību priežu audzēs Latvijā pētījumi ir ļoti fragmentāri (Lauska, 1973). Literatūrā minēts, ka priežu jaunaudzēs priedes var nokalst pat vienas sezonas laikā (Greig, 1998). Analizējot datus, kas iegūti Lielbritānijā, secināts, ka priežu bojāejas intensitāte nav atkarīga no koka vecuma (Redfern and Ward, 1998). Lai noteiktu sakņu piepes infekcijas radītos zaudējumus priežu audzēs, tām sasniedzot ciršanas vecumu, kā arī prognozētu inficēto koku daudzumu nākošajā koku paaudzē, nepieciešams ievākt empīrisko materiālu par sakņu piepes sastopamību Latvijā priežu audzēs. Metodika, lai noteiktu, vai priede ir inficējusies ar sakņu piepi, ir komplicētāka. Nereti uz priedes celma nav iespējams novērtēt trupes radīto iekrāsojumu, ja vien tas jau nav stipri sadalījies, tāpēc tādas metodikas izmantošana, kāda aprakstīta N. Arhipovas un autoru kolektīva (2011) pētījumā (trupes novērtējums, analizējot egļu celmus), nav iespējama. R. Vasaitis (2016. g. pers. kom.) rekomendē sakņu trupi izraisošo sēņu klātbūtni noteikt pēc to auglķermeņu sastopamības uz koku sakņu kakla vai kaltošos kokus nozāgēt un pēc tam izzāgēt koksnes paraugu.

2016. gadā tika ievākti dati no 32 priežu audzēm, lai noteiktu sakņu trupes izraisīto bojājumu īpatsvaru parasto priežu audzēs. 2017. gadā turpināta datu ievākšana.

Materiāls un metodika

2017. gadā apsekotas 27 priežu audzes (vecums 83-197 gadi; 2.1. tabula). Pieaugušās un cirtmetu sasniegušās priežu audzēs koki apsekoti, ejot pa transektēm, kas atradās 20 m attāluma viena no otras (2.1. attēls). Transekšu izvietojums noteikts, izmantojot GARMIN eTrex 30. Uzskaitīti visi kalstošie koki, simptomātiskie koki, novērtēta auglķermeņu sastopamība pie sakņu kakla vai uz saknēm (2.2. attēls). Ar tālmēru Vertex IV uzmērītas visas audzē konstatētās infekcijas skartās platības, lauces. Kopā analizēti 26,2 ha (3,8 ha Ks, 6,5 ha As, 7,3 ha Dm, 8,6, ha Mr) priežu audžu.



2.1. attēls. Shematiski attēlots transekšu izvietojums audzē.



2.2. attēls. Sakņu piepes auglķermenis uz izgāzta koka saknes.

Rezultāti

Sakņu piepes auglķermeņi konstatēti astoņās audzēs (30 % no apsekotajām audzēm). *Armillaria* spp. auglķermeņi vai rizomorfas atrastas septiņās audzēs jeb 26 % no apsekotajām audzēm (2.1. tabula).

Daļa iepriekš inficēto un kaltušo koku bija nozāģēti kopšanas ciršu laikā. Tāpēc sakņu piepes izraisītie zaudējumi nosakāmi tikai pēc izveidojušos lauču lieluma, ne koku skaita. Literatūras dati liecina, ka, ja kopšanas cirte nav veikta pēdējo 20 gadu laikā, tad atstātajiem celmiem ir niecīga nozīme slimības izplatībā un tie nav potenciāli bīstami jaunajai koku paaudzei. Piemēram, T. Piri (1996) pētījumos Somijā norādīts, ka skuju koku celmi, kuri ir vecāki par 40 gadiem, var saglabāt dzīvotspējīgu sakņu piepes micēliju, bet varbūtība, ka *Heterobasidion* sp. micēlijs izplatīsies pa celma saknēm uz blakus augošajiem kokiem, ir neliela. Latvijas apstākļos, apsekojot 233 priežu celmus (27 gadus veci), dzīvotspējīgu micēliju izdevies izdalīt tikai no viena celma (A. Zaļuma, nepubl. dati).

2.1. tabula. Apsekoto objektu apraksts 2017. gadā.

Iec., kv. apg., kv., nog.	Koord. LKS 92 X, Y	Platība, ha	Vecums, gadi, meža tips	Piezīmes
Ropažu, 409., 30., 5.	532193, 326749	0.7	83 Ks	2 nokaltušas priedes, 1 nokaltušai priedei konstatēts <i>Stereum</i> sp. <i>Trametes</i> sp. un <i>Armillaria</i> sp.
Ropažu, 409., 470., 15.	544517, 315942	0.4	118 Ks	11 priedes nokaltušas
Piejūras, 408., 216., 2.	516127, 332967	2.2	93 Mr	9 nokaltušas priedes, 2 priedēm konstatēti <i>Heterobasidion</i> spp. augļķermeņi, lauce aizņēma 0,02 ha.
Piejūras, 408., 66., 8.	527966, 347261	2.4	138 Dm	Kaltuši koki nav konstatēti.
Piejūras, 408., 91., 1.	525086, 345109	0.6	88 As	3 nokaltušas priedes.
Piejūras, 408.,106., 4.	525869, 343122	0.8	88 Ks	16 nokaltušas priedes, vienai konstatēta <i>Armillaria</i> sp.
Ābeļu, 302., 67., 2	634353, 278449	0.8	81 Dm	Audzē konstatētas 3 lauces: 0,01 ha (viena <i>Heterobasidion</i> spp. inficēta priede, 12 nokaltušas priedes); 0,01 ha (viena <i>Heterobasidion</i> spp. inficēta priede); 0,01 (viena <i>Heterobasidion</i> spp. inficēta priede un egle, 4 nokaltušas priedes). Visā audzē uzskaitītas vēl 14 kaltušas priedes un divas kaltušas egles.
Piejūras, 405., 537.,26	551688, 350569	1.2	85 Dm	Audzē konstatētas 3 lauces: 0,02 ha (viena <i>Heterobasidion</i> spp. inficēta priede, 2 simptomātiskas); 0,01 ha (viena <i>Heterobasidion</i> spp. inficēta priede, 1 nokaltusi priede); 0,01 ha (trīs <i>Heterobasidion</i> spp. inficētas priedes, 1 nokaltusi, 3 simptomātiskas priedes). Visā audzē uzskaitītas vēl 4 kaltušas priedes un trīs kaltušas egles.
Rūjienas, 403., 244., 17.	556995, 413617	1	85 As	Kopā uzskaitītas 52 nokaltušas priedes.
Strenču, 102., 234.,5.	609863, 392871	0.6	197 Mr	15 priedes priedes nokaltušas bez pazīmēm par sēņu infekciju.

Iec., kv. apg., kv., nog.	Koord. LKS 92 X, Y	Platība, ha	Vecums, gadi, meža tips	Piezīmes
Salacgrīvas, 201., 174., 12.	526874, 410580	1.5	125 Mr	<i>Heterobasidion</i> spp. inficēti koki konstatēti: 0,11 ha (5 priedes un 3 kadiķi inficēti ar <i>Heterobasidion</i> spp., 10 nokaltušas, 5 simptomātiskas priedes – apvienotas vairākas lauces) un 0,03 ha (1 priedei <i>Heterobasidion</i> spp., augļķermenis, 2 priedes nokaltušas, 2 celmi, 1 simptomātisks koks, 2 koki ar <i>Armillaria</i> sp. rizomorfām) lielā platībā.
Salacgrīvas, 201., 174.,8.	526823, 410776	0.5	95 Dm	Audzē konstatēta <i>Heterobasidion</i> spp. infekcija 0,01 ha lielā platībā (1 inficēta egle, 2 inficēti egļu celmi, 2 celmi bez infekcijas pazīmēm), atsevišķi uzskaitītas 4 nokaltušas priedes, 1 nokaltis kadiķis, 2 egles inficētas ar <i>Armillaria</i> sp., 1 nokaltusi egle.
Preiļu, 306., 70., 12.	645196, 258746	1.2	87 Dm	Konstatētas divas lauces: 0,01 ha (2 priedēm konstatēti <i>Heterobasidion</i> spp. augļķermeņi, 2 nokaltušas, 3 simptomātiskas priedes) un 0,01 ha (5 priedēm <i>Heterobasidion</i> spp. augļķermeņi, 15 nokaltušas, 2 simptomātiskas priedes). Uzskaitītas 15 nokaltušas priedes un 2 nokaltušas egles.
Preiļu, 306., 57.,7.	6433861, 258704	1.4	101 Mr	Audzē konstatēta viena lauce, kas aizņēma 0,02 ha un iekļāva 3 nokaltušas, 2 simptomātiskas priedes, 4 priedēm konstatēti <i>Heterobasidion</i> spp. augļķermeņi. 10 priedes nokaltušas bez <i>Heterobasidion</i> spp. infekcijas pazīmēm.
Preiļu, 302., 86., 1.	648025, 261744	0.8	91 Mr	5 nokaltušas priedes.
Ērgemes, 102., 155.,50.	613296, 395802	0.5	97 Ks	13 nokaltušas priedes un 9 nokaltušas egles, 4 kokiem atzīmētas <i>Armillaria</i> sp. rizomorfas.
Ērgemes, 102., 154.,12.	613404, 396450	0.6	84 As	1 nokaltusi priede, 1 nokaltusi egle bez pazīmēm par sēņu infekciju.
Ērgemes, 102., 154., 12.	613177, 395749	0.5	90 Dm	4 nokaltušas priedes bez pazīmēm par sēņu infekciju.

Iec., kv. apg., kv., nog.	Koord. LKS 92 X, Y	Platība, ha	Vecums, gadi, meža tips	Piezīmes
Nīcgales, 309., 38., 11.	637118, 235097	0.5	101 Ks	4 nokaltušas priedes.
Nīcgales, 309., 26., 17.	636832, 235253	0.7	96 As	<i>Heterobasidion</i> spp. infekcija konstatēta divām eglēm, tomēr lauce nebija izveidojusies, 17 egles un 13 priedes nokaltušas bez infekcijas pazīmēm.
Nīcgales, 309., 26., 22.	636831, 235110	1.0	86 As	19 egles un 8 priedes nokaltušas bez <i>Heterobasidion</i> spp. infekcijas pazīmēm.
Ropažu, 409., 471., 15.	544976, 315684	0.9	118 Ks	28 priedes nokaltušas.
Ropažu, 409., 509., 7	540855, 315890	1.0	98 Mr	9 priedes un 2 egles nokaltušas.
Ropažu, 409., 539., 18	538552, 315803	0.7	158 Dm	3 priedēm un 2 eglēm konstatētas <i>Armillaria</i> spp. rizomorfās, 1 priede un 1 egle nokaltusi.
Preiļu, 302., 150., 32.	636509, 270883	1.1	95 As	3 nokaltušas priedes.
Preiļu, 302., 150., 39.	636674, 270570	1.1	106 Mr	19 nokaltušas priedes, 1 koks ar <i>Armillaria</i> sp. rizomorfām.
Preiļu, 302., 183., 4.	647770, 262239	1.5	88 As	14 nokaltušas priedes bez pazīmēm par sēņu infekciju.

2016. un 2017. gadā kopā apsekotas 59 priežu audzes, kaltsi koki konstatēti 97% analizēto audžu, sakņu piepe konstatēta pavisam 13 audzēs (22 %), respektīvi, 5 audzēs 2016. gadā un 8 audzēs 2017. gadā.

2017. gadā ievāktā empīriskā materiāla analīze liecina, ka sakņu piepes inficētā platība, tajā skaitā lauces, sastādīja 0.3 ha (jeb 1 % no kopējās apsektās platības (26.2 ha)). Lai analizētu *Heterobasidion* infekcijas attīstības dinamiku pēc mežaudzes nociršanas un atjaunošanas, 2016. gadā Kalsnavas mežu novadā 210. kv. 15 ha platībā ierīkots ilglaicīgais eksperiments. Šajā audzē *Heterobasidion* spp. tika konstatēts 26 laucēs - 28 829 m² (19,2 % no 15 ha) (Gaitnieks, 2016).

Lai ierobežotu sakņu piepes veģetatīvo izplatību ar sakņu piepi stipri inficētās platībās, ir ieteikts izstrādāt jeb izraut inficētos celmus un aizvākt no platības, atjaunot audzi, stādot lapu kokus vai mazāk uzņēmīgu (rezistentu) skuju koku stādmateriālu, vai veidot mistraudzes (Piri and Korhonen, 2001; Korhonen *et al.*, 1998b, Cleary *et al.*, 2013). Pētījumos atzīmēts, ka celmu izvākšanas ietekmē samazinās ar *Heterobasidion* spp., *Armillaria ostoyae*, *Phellinus*

sulphurascens inficēto koku daudzums (Korhonen *et al.*, 1998b, Cleary *et al.*, 2013). Kā norādīts M. Cleary *et al.* (2013) pētījumā, celmu izstrāde var palielināt kopējās izmaksas. Celmu izstādes pakalpojumi sasniedz 1200 \$ ha⁻¹ (Cleary *et al.*, 2013). Pēc LVMI Silava veiktajiem aprēķiniem, Latvijas apstākļos 1 m³ celma izstrāde izmaksā aptuveni 13 eiro, kopējās izmaksas ir vidēji 1500 eur ha⁻¹ (A. Lazdiņa pers. kom.). Kā iepriekš minēts, stipri inficētās audzēs, izstrādājot audzi, skuju koku vietā rekomendē stādīt lapu kokus. Lapu koku rezistenci pret sakņu piepi pierāda arī LVMI Silava iegūtie rezultāti, kas aprakstīti 1. nodaļā.

Literatūrā atzīmēts, ka sakņu piepes sastopamību skuju koku audzēs var ietekmēt gan audzes vecums, gan augsnes īpašības, gan apsaimniekošanas režīms (Gonthier and Thor, 2013). Lai noteiktu, kādi abiotiskie un biotiskie faktori, būtiski ietekmē priežu uzņēmību, nepieciešama papildus datu ievākšana. Šī pētījuma rezultātā iegūsim informāciju par sakņu piepes sastopamību pieaugušās priežu audzēs. Iegūtos datus par lauču aizņemto platību iespējams izmantot, lai aprēķinātu zaudējumus un prognozētu trapes izplatības dinamiku. Kā norādīts Lielbritānijā veiktā pētījumā (Greig and Low, 1975 cit. pēc Korhonen *et al.*, 1998b), inficēto priežu skaits audzē ir atkarīgs no inficēto iepriekšējās paaudzes celmu daudzuma. Izvācot celmus, inficēto koku skaits samazinās. Arī T. Kurkela (2000) uzsver, ka būtiski ir ne tikai izraut celmus, bet arī izvākt tos no audzes, jo, atstājot celmus audzē, izrautajām saknēm nonākot kontaktā ar augsni ir iespējama infekcijas tālāka izplatība.

Secinājums

Sakņu piepe konstatēta 13 (22 %) no 59 (2016.-2017. gadā) apsekotajām priežu audzēm. Ja pēc mežizstrādes netiks veikta inficēto celmu izvākšana un mežaudze tiks atjaunota ar skuju kokiem, iespējama infekcijas izplatība sakņu kontaktu ceļā uz jaunās paaudzes kokiem.

3. *Armillaria* spp. izplatības dinamikas analīze

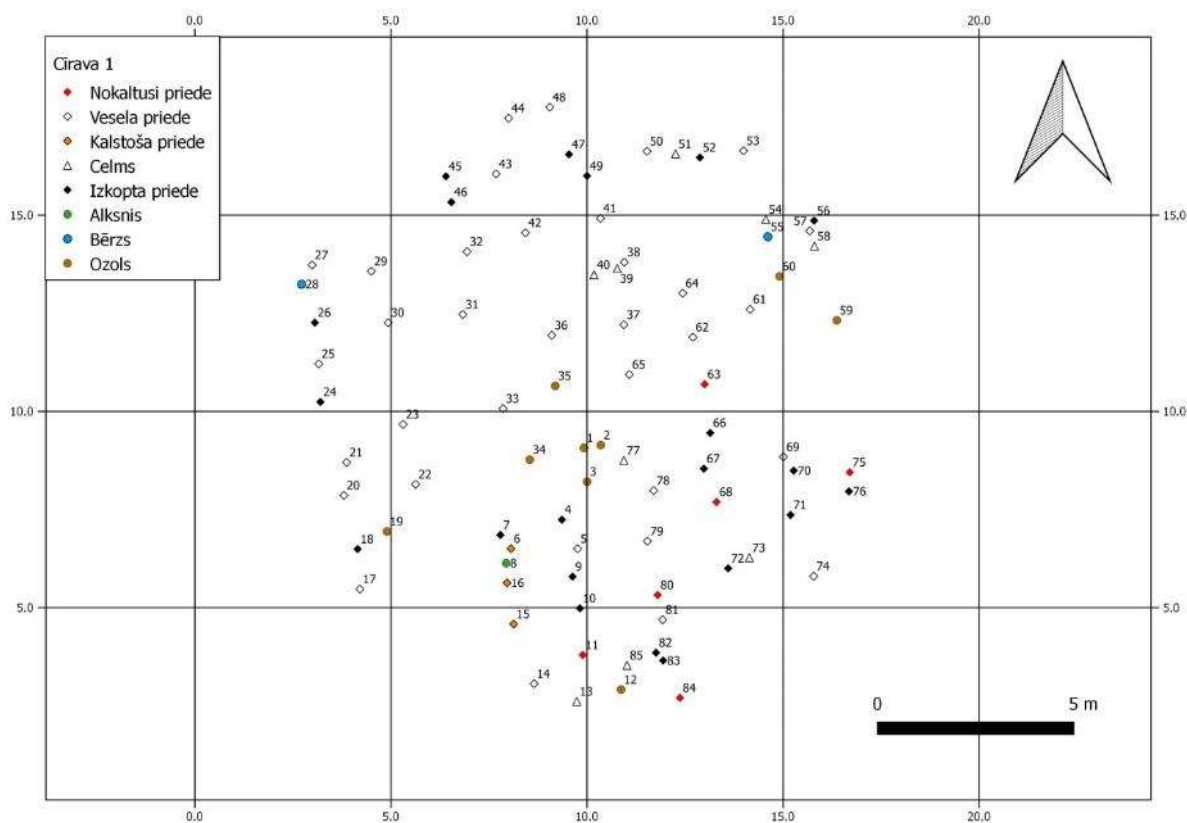
Literatūras dati liecina, ka klimata izmaiņu ietekmē, izmainoties nokrišņu daudzumam, vidējai gaisa temperatūrai, kokaugi var tikt pakļauti biotiskiem un abiotiskiem stresa faktoriem, līdz ar to var samazināties noturība pret patogēniem (Dukes *et al.*, 2009). *Armillaria* ģints sēņu izraisītie mežsaimnieciskie zaudējumi bieži konstatēti kokiem stādu vecumā, tomēr patogēns spēj inficēt arī pieaugušus kokaugus. Pētījumos uzsvērts, ka bojājumu īpatsvars var būt lielāks mežaudzēs, kas pakļautas kaitēkļu vai citu nelabvēlīgu apstākļu ietekmei (Hood *et al.*, 1991). Tāpēc LVMI Silava 2015. gadā ierīkoja mākslīgās inficēšanas eksperimentu, lai analizētu trīs *Armillaria* sugu (*Armillaria borealis* Marx. & Korhonen, *Armillaria cepistipes* Velen. un *Armillaria solidipes* Peck.) patogenitāti priežu un egļu stādos. *A. solidipes* tiek raksturots kā ļoti agresīvs patogēns (Heinzelmann, 2016), *Armillaria borealis* kā vidēji agresīvs patogēns egļu stādos, kas jaunāki par 3 gadiem (Keca and Solheim, 2011; Heinzelmann, 2016), bet *Armillaria cepistipes* raksturots kā sekundārais patogēns vai saprotrofs (Keca and Solheim, 2011; Heinzelmann, 2016). LVMI Silava pētījumā tika konstatēts, ka gan *Armillaria borealis*, gan *Armillaria cepistipes* un *Armillaria solidipes*. patogenitāte ir zema. Stādu bojāeja bija niecīga (mazāk nekā 1 %) divu veģetācijas sezonu laikā, tomēr divu veģetācijas sezonu laikā visas trīs izmantotās *Armillaria* sugas izveidoja kontaktus ar saknēm (Lukstiņa, 2017). R. Heinzelmann darbā konstatēts, ka, sākot ar trešo veģetācijas sezonu, būtiski palielinās inficēto egļu stādu skaits (Heinzelmann *et al.* 2016). Tas norāda, ka *A. cepistipes*, *A. solidipes* un *A. borealis* patogenitātes salīdzināšanai nepieciešams ilgāks inkubācijas periods.

Dienvidkurzemē atsevišķās atjaunotās jaunaudzēs konstatēta pastiprināta priežu bojāeja. 2014. gadā Akmensraga iecirknī 295. kv., 15. nog. nokaltušo koku skaits bija 227 koki ha⁻¹ (Gaitnieks, 2014). Pieņemot ka iestādīti 3000 stādi, tas ir gandrīz 8% no sākotnēji iestādīto stādu skaita (MK 2012. gada 2. maija noteikumi Nr. 308 “Meža atjaunošanas, meža ieaudzēšanas un plantāciju meža noteikumi”). 2013. gadā no kokiem tika izdalīts *A. solidipes* (Gaitnieks, 2014). Kā jau minēts iepriekš *A. solidipes* ir skuju koku patogēns, kas var izraisīt ne tikai inficēšanos, bet arī koku bojāeju (Heinzelmann, 2016). Ar *Armillaria* spp. stipri inficētās platībās, nepieciešams ierīkot ilgtermiņa eksperimentus, lai novērtētu sēnes attīstību ietekmējošos faktorus.

Materiāls un metodika

2017. gada pavasarī Dienvidkurzemes mežsaimniecībā, Akmensraga iecirknī 295. kv. ierīkoti trīs parauglaukumi 10 gadus vecās priežu audzēs, kur konstatēta augsta šī patogēna sastopamība. Ierīkoti aplveida parauglaukumi ar rādiusu 7,98 m (200 m²) (3.1. tabula).

Parauglaurumi uzkartēti, izmantojot tālmēru un busoli, kartēti visi augošie, nokaltušie koki, celmi (3.1.attēls).



3.1.attēls. Shematisks parauglauruma attēlojums.

Rezultāti

2017. gada rudenī tika veikta atkārtota kaltušo koku uzskaitē, lai noteiktu, vai vienā veģetācijas sezonā kaltušo koku skaits ir palielinājies un vai kaltušajiem kokiem ir konstatēta *Armillaria* spp. (3.1. tabula).

3.1. tabula. Parauglaukumu raksturojums.

Apzīmējums	Koord.	Meža tips	Audzē sastāvs	Koku sk., gab.	Kaltušo koku sk. 2017., gab.*	Kaltušo koku sk. 2017., gab.**	Celmu sk., gab.	Ar <i>Armillaria</i> spp. inficēto koku un celmu skaits
Cīrava 1	294765, 334573	Ln	10P	76	5	9	9	7
Cīrava 2	294300, 334615	Dm	10P	81	9	9	6	15
Cīrava 3	294673, 334580	Ln	10P	58	5	5	12	4

* - veģetācijas perioda sākumā; ** - veģetācijas perioda beigās

Analizētajās audzēs jau 2014. gada rudenī konstatēja, ka kaltušo koku skaits bija palielinājies gandrīz par 50 kokiem ha⁻¹, salīdzinot ar 2013. gadā veiktajiem novērojumiem (Gaitnieks, 2014). 2016. gadā tika veikta audzes kopšana, kad nozāģēja visus kaltušos kokus, tomēr parauglaukumu ierīkošanas brīdī 2017. gadā konstatējām kalstošus un nokaltušos kokus. 2017. gada rudenī (5 mēnešus pēc parauglaukumu ierīkošanas) konstatēts, ka tikai vienā no parauglaukumiem kaltušo kokus skaits ir palielinājies.

Armillaria spp. augļķermeņi vai rizomorfas konstatētas visos trijos parauglaukumos.

2018. gadā tiks atkārtoti novērtēs kaltušo koku skaits un no kaltušajiem kokiem tiks paņemti koksnes paraugi.

4. Sakņu trupi izraisīto sēņu sastopamība stādītās un dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzēs

Meža ekosistēmās, kur saimnieciskā darbība netiek veikta, vai tās intensitāte ir ļoti zema, *Heterobasidion* sp. raksturots kā saprotrofs, kas neapdraud augošos kokus, turpretī intensīvi apsaimniekotās audzēs *Heterobasidion* sp. attīstība ir daudz agresīvāka un rada ekonomiskos zaudējumus meža īpašniekiem (Korhonen *et al.*, 1998b). Korhonen K. un Piri T. (2003) uzskata, ka stādītās egles ir vairāk pakļautas infekcijas riskam, autori to saista ar sakņu bojājumiem, kas rodas stādīšanas laikā un sakņu deformāciju.

Lai noteiktu, kā priežu mežu apsaimniekošana ietekmē sakņu piepes sastopamību, nepieciešams analizēt jaunaudžu veselības stāvokli, tajā skaitā, sēņu izraisītās slimības. Priežu jaunaudžu apsekošana uzsākta 2012. gadā.

Materiāls un metodika

2017. gadā apsektas septiņas stādītās un piecas dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzes (audzes sastāvs izvēlēts 10P) (4.1., 4.2. tabula) Ln meža tipā, lai iegūtos mērījumus varētu salīdzināt ar 2012.-2014. un 2016. gadā ievāktajiem datiem. Tā kā 2017. gadā analizējamo audžu skaits bija neliels, tad audžu atrašanās vieta tika izvēlēta, to apsekošanu apvienojot ar datu ievākšanu pētījuma apakšpunktā: "Sakņu trupes izplatības novērtējums pieaugušās priežu audzēs"(1. nodaļa). Ejot pa transektēm (transektes atradās 20 m attālumā viena no otras), uzskaitīja visus kaltošos kokus un kokus, kuriem konstatētas inficēšanās pazīmes ar *Armillaria* spp. vai *Heterobasidion* spp. Koki atzīmēti kā inficējušies ar sakņu piepi, ja, atrodot sakņu kaklu, tika konstatēti sēnes augļķermeņi. *Armillaria* spp. noteica gan pēc augļķermeņiem uz sakņu kakla, gan rizomorfām un micēlija pinumiem, kas izveidojušies zem mizas. Daļa aprēķinu veikta programmā *MS Excel* 2010, Papildus veikta datu analīze programmā *R* 3.0.3, lai noteiktu, vai iespējamība, ka tiks konstatēti sakņu piepes inficēti koki, būtiski atšķiras atkarībā no audzes atjaunošanas veida, izmantota binārā loģistiskā regresija.

Rezultāti

Literatūras dati liecina, ka dabiski atjaunojušās egļu audzēs sakņu piepe sastopama retāk nekā mākslīgi atjaunotās (Korhonen *et al.*, 1998b; Korhonen and Piri, 2003). LVMI Silava iegūtie dati liecina, ka arī dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzes ir mazāk uzņēmīgas, salīdzinot ar mākslīgi atjaunotām. 2017. gadā piecās mākslīgi atjaunotās priežu jaunaudzēs un trijās dabiski atjaunojušās audzēs (67 % no apsekotajām audzēm) konstatēja *Heterobasidion* spp.

auglķermeņus (4.1., 4.2. tabula). Pavisam laika posmā no 2012. gada ir apsekotas 28 dabiski atjaunojušās un 39 stādītas priežu jaunaudzēs. Aprēķināts, ka sakņu piepes sastopamība ir atkarīga no atjaunošanas veida un sakņu piepe būtiski ($p < 0,05$) biežāk konstatēta stādītās jaunaudzēs. Tā kā, atjaunojot mežu, mērķis ir palielināt meža ražību, galvenokārt izmantojot selekcionētu stādāmo materiālu, tad turpmākajos pētījumos svarīgi būtu noteikt sakņu piepes sastopamību stādītās priežu jaunaudzēs. Visā Latvijas teritorijā ievākts empīriskais materiāls sniegtu informāciju par sakņu piepes izraisītās infekcijas nozīmību priežu jaunaudzēs un faktoriem, kas veicina sakņu piepes izplatību. 2018. gadā turpināms iesāktais darbs, palielinot apsekojamo stādīto vai sēto audžu skaitu.

2016. un 2017. gadā, kopā apsekojot 25 ar atšķirīgiem mežsaimnieciskiem paņēmieniem atjaunotas priežu jaunaudzēs, sakņu piepes infekcija atrasta 13 audzēs (52 %) (Gaitnieks, 2016). Apvienojot 2016. un 2017. gadā ievākto empīrisko materiālu ar datiem, kas iegūti 2012.-2014. gadā, konstatēts, ka saglabājas līdzīgas tendences - sakņu piepe sastopama 37 audzēs jeb 55 % analizēto audžu (kopā analizētas 67 audzes).

4.1. tabula. Mākslīgi atjaunoto priežu jaunaudžu raksturojums.

Iec., kv. apg., kv., nog.	Koord. LKS 92 X, Y	Platība, ha	Vecums, gadi, Meža tips	Piezīmes
Ropažu., 408., 214., 11.	515314 333812	4.65	38 Ln	Kopšana audzē veikta pirms gada, konstatēts 1 nokaltis koks.
Ābeļu, 302., 63., 2.	632230, 277359	1.02	38 Ln	<i>Heterobasidion</i> spp. konstatēts 6 priedēm, uzskaitīti 63 nokaltuši koki bez auglķermeņiem, vienu koku bija kolonizējusi <i>Armillaria</i> spp.
Ābeļu, 302., 63., 4.	632329, 277204	1.7	19 Ln	Konstatētas 23 kaltušas priedes un 3 kaltuši kadiķi.
Salacgrīvas, 401., 188., 2.	527057 410138	0.8	12 Ln	<i>Heterobasidion</i> spp. konstatēts 10 priedēm, <i>Armillaria</i> spp. kolonizējusi 6 priedes, kopā konstatētas 56 nokaltušas priedes.
Ābeļu, 302., 79., 15.	632447, 275573	1.21	34, Ln	<i>Heterobasidion</i> spp. infekcija konstatēta 7 kokiem, 31 koks nokaltis bez infekcijas pazīmēm.
Ābeļu, 302., 33., 25.	614631, 274060	2.1	6 Ln	Konstatēts 41 ar <i>Heterobasidion</i> spp. inficēts koks, 110 kokiem atzīmēta <i>Armillaria</i> spp., 60 koki bija nokaltuši, bet auglķermeņi netika konstatēti.
Ābeļu, 302., 79., 12.	632387, 275540	1.8	14 Ln	<i>Heterobasidion</i> spp. konstatēts 8 priedēm, <i>Armillaria</i> spp. kolonizējusi 1 priedi, papildus konstatētas 7 nokaltušas priedes.

4.2. tabula. Dabiski atjaunoto priežu jaunaudžu raksturojums.

Mežs., kv. apg., kv.	Koord. X, Y	Platība, ha	Vecums, gadi, Meža tips	Piezīmes
Salacgrīvas, 401., 158., 17.	528832, 413929	1.0	10 Ln	Konstatētas 15 kaltušas priedes.
Ābeļu, 302., 28., 5.	612040, 273556	1.3	16 Ln	<i>Armillaria</i> spp. kolonizējusi 1 priedi, kopā konstatētas 33 nokaltušas priedes.
Ābeļu, 302., 83., 17.	634267, 277065	1.5	8 Ln	<i>Heterobasidion</i> spp. izraisītā infekcija konstatēta 2 priedēm, <i>Armillaria</i> spp. kolonizējusi 1 priedi, kopā konstatētas 93 nokaltušas priedes.
Piejūras, 408., 521., 19.	554047, 350418	2.0	11 Ln	<i>Heterobasidion</i> spp. konstatēts 6 priedēm, <i>Armillaria</i> spp. kolonizējusi 1 priedi, kopā konstatētas 7 nokaltušas priedes.
Strenču, 102., 234., 7.	609949, 392723	0.8	5 Ln	<i>Heterobasidion</i> spp. konstatēts 4 priedēm, vēl viena priede nokaltusi, bet auglķermeņi netika konstatēti.

2017. gadā *Armillaria* spp. konstatēja 7 priežu jaunaudzēs (4.1., 4.2. attēls). Tikai atsevišķās stādītās audzēs konstatēti vairāk kā 5 kolonizēti koki (4.1. tabula).



4.1. attēls. Ar *Armillaria* spp. inficētam kokam raksturīga zaru noliekšanās “lietussarga” formā.



4.2. attēls. *Armillaria* spp. augļķermeņi.

Vienā no 2017. gadā analizētajām audzēm (Ābeļu iec. 302. kv. apg., 33. kv, 25. nog.) ar *Heterobasidion* spp. inficēto koku skaits uz 1 ha sasniedza 19 kokus (0,6 % no iestādīto koku skaita), turklāt kopējais nokaltušo koku skaits pārsniedza pat 100 kokus uz hektāru. Analizējot vairāk nekā 1063 mazu dimensiju priežu celmus, secināts, ka 10 % no analizētajiem celmiem ir inficējušies ar sakņu piepes bazīdijsporām (Gaitnieks *et al.*, 2018), Mūsu pētījumos (6. nodaļa) secināts, ka četrus līdz piecus gadus pēc sākotnējās inficēšanās ar *Heterobasidion* spp., infekcija tika konstatēta 3 (15%) no 20 pārbaudītajiem priežu celmiem. Tātad *Heterobasidion* spp. micēlijs saglabā dzīvotspēju mazu dimensiju priežu celmos un sakņu kontaktu ceļā var izplatīties uz blakus augošajiem kokiem. Turklāt atjaunotajās priežu jaunaudzēs inficēšanās potenciālu palielina iepriekšējās paaudzes inficēti priežu celmi.

Secinājumi

Heterobasidion spp. konstatēts vairāk nekā pusē analizēto priežu jaunaudzū, atsevišķās audzēs uz 1 ha konstatēti 19 inficēti koki. Teorētiski katrs inficētais koks var veidot jaunu infekcijas centru, būtiski palielinot *Heterobasidion* spp. izplatību audzē.

Dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzēs sakņu piepe sastopama retāk nekā stādītās. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka meklējami risinājumi, kā inficēšanās riskus mazināt, lai nodrošinātu sekmīgu stādīto jaunaudzū attīstību, nodrošinot selekcijas efekta pārnesei ražošanā.

5. Augsnis apstrādes ietekmes novērtējums uz *Heterobasidion* spp. sastopamību

Viens no veidiem, kā samazināt stādu risku inficēties ar *Heterobasidion* spp., ir izstrādāt celmus pēc galvenās cirtes, jo *Heterobasidion* spp. micēlijs nespēj saglabāt dzīvotspēju atrodoties augsnē ārpus koksnes substrāta. Savukārt stādu sakņu inficēšanos ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām negatīvi ietekmē un vairākumā gadījumu arī novērš augsnē sastopamā antagoniskā mikroflora (Korhonen and Stenlid, 1998). Tomēr arī pēc celmu izstrādes daļa sakņu (arī mazāki sakņu fragmenti) paliek augsnē. Līdzšinējie pētījumi parāda, ka sakņu piepe egļu celmos spēj saglabāties vairāk nekā 40 gadus (T. Gaitnieks, nepubl. dati). Arī citu autoru pētījumi liecina, ka *Picea abies* celmos *Heterobasidion* sp. dzīvotspēju saglabā 10 līdz 40 gadus (Redfern and Stenlid, 1998). Lai novērtētu, cik efektīvi celmu izvākšana var ierobežot *Heterobasidion* sp. izplatību un stādu inficēšanu, nepieciešams novērtēt cik ilgi *Heterobasidion* spp. saglabā dzīvotspēju nelielos sakņu fragmentos, kādi paliek augsnē pēc celmu izvākšanas, kā arī novērtēt to spēju izraisīt infekciju *Pinus sylvestris* un *Picea abies* stādiem. Citu autoru veiktos pētījumos konstatēts, ka kūdras augsnēs nav piemērotas *Heterobasidion* spp. attīstībai (Korhonen and Stenlid, 1998), tomēr mūsu veiktie pētījumi parāda, ka *Heterobasidion* spp. spēj inficēt skuju kokus arī kūdras augsnēs (T. Gaitnieks, nepubl. dati). Līdz šim veikts maz pētījumu par stādu inficēšanos no sakņu fragmentiem, kas palikuši augsnē pēc celmu izstrādes (Piri and Hamberg, 2015). Šādi pētījumi pamatā veikti minerālaugsnēs, tādēļ mūsu pētījumā *Heterobasidion* sp. izdzīvotība tiks pārbaudīta kūdras augsnē.

Metodika

Lai pārbaudītu *Heterobasidion* spp. micēlija saglabāšanos maza tilpuma sakņu fragmentos (no 18 līdz 346 cm³; vidēji 156 cm³), 2017. gada maijā Kalsnavas mežu novada 201. kvartāla 1. nogabalā izvēlētas 12 nokaltušas, ar sakņu piepi *Heterobasidion* spp. inficētas egles, no kurām tika iegūtas saknes turpmākajam pētījumam. Inficētība ar sakņu piepi noteikta pēc sēnes augļķermeņu sastopamības. Eksperimenta metodika izstrādāta pamatojoties uz T. Piri un L. Hamberg (2015) pētījumu. Saknes iegūtas, celmus pilnībā izrokot no augsnēs (5.1. attēls). No katra celma virsmas tika paņemta ripa, lai noteiktu *Heterobasidion* spp. infekciju. Saknes tika atzāģētas no celmiem, sadalītas nogriežņos, lai atvieglotu transportēšanu, un nogādātas LVMI Silava. Līdz tālākai apstrādei saknes uzglabātas aukstuma kamerā +4°C temperatūrā.



5.1. attēls. Egļu celmi, kas izmantoti, lai iegūtu sakņu fragmentus.

Lai apstiprinātu *Heterobasidion* spp. infekciju visā saknes garumā, no abiem saknes galiem tika nozāģētas ripas. Gan no celmiem, gan no saknēm iegūtās ripas nomizoja, nomazgāja un inkubēja istabas temperatūrā. Pēc nedēļu ilgas inkubācijas ripas analizēja zem stereomikroskopa, lai novērtētu sakņu piepes micēlija sastopamību, un izdalīja tīrkultūras. Ja *Heterobasidion* spp. konstatēja tikai vienā saknes galā, paraugus paņēma arī no saknes vidus, lai noskaidrotu, cik tālu saknē izplatījusies infekcija. Pētījumā izmantotas saknes, kurās *Heterobasidion* spp. micēlijs konstatēts pēc novērtējuma ar stereomikroskopu un no kurām izdevies iegūt tīrkultūru. Tīrkultūras savā starpā salīdzinātas, izmantojot somatiskās nesaderības testu (Stenlid, 1985). Savstarpēji tika salīdzināti *Heterobasidion* spp. izolāti:

1. no katras eksperimentā izmantotās saknes abiem galiem (pēc nepieciešamības arī no vidus);
2. no viena celma virsējās ripas un saknēm;
3. starp dažādiem celmiem.

Mūsu līdzšinējie pētījumi Kalsnavas mežu novada 201. kvartāla 1. nogabalā ļauj secināt, ka koki ir inficēti ar *H. parviporum*, tomēr turpmākajā pētījuma gaitā izdalītā micēlija suga tiks pārbaudīta, izmantojot attiecīgo sugu testkultūras. Pagaidām tiek pieņemts, ka pētījumā izmantotās egļu saknes ir inficējis *H. parviporum*, jo tā ir *Heterobasidion* ģints suga, kas eglēs visbiežāk izraisa sakņu trupi (Piri, 2003; Arhipova *et al.*, 2011). Saknēm noteica garumu un diametru abos saknes galos divos virzienos, lai aprēķinātu saknes nogriežņa tilpumu un iegūtos sakņu fragmentus sadalīja četrās tilpumu klasēs: “50 cm³” (20 – 75 cm³), “100 cm³” (76 – 150 cm³), “200 cm³” (151 – 250 cm³) un “300 cm³” (251 – 350 cm³), pēc tam atkārtoti izmērija iegūto fragmentu dimensijas. Sakņu fragmentiem noteica arī trapes pakāpi, izdalot

divas klases – “vidēji trupējis” (koksne ir iekrāsota, bet mazāk kā 50% fragmenta ir konstatētas koksnes struktūras izmaiņas) un “stipri trupējis” (vairāk nekā 50% fragmenta ir konstatētas koksnes struktūras izmaiņas). Atzīmēja arī *Armillaria* spp. infekciju koksnē, ja konstatēja tai raksturīgo micēliju vai rizomorfas.

Lai pārbaudītu micēlija dzīvotspēju un tā spēju inficēt priežu *Pinus sylvestris* un egļu *Picea abies* stādus kūdras augsnēs, izvēlēti trīs objekti AS “Latvijas valsts meži” Zemgales reģiona Klīves iecirkņa 609. kvartālapgabālā, kuros 2017. gada pavasarī iestādīti gadu veci priežu un egļu ietvarstādi: 177. kvartāla 21. un 5. nogabals, 189. kvartāla 9. nogabals. Izvēlētajos objektos egļu un priežu stādi stādīti uz pacilām un arī nesagatavotā augsnē, taču šajā eksperimentā izmantoti tikai uz pacilām stādītie stādi, lai noteiktu *Heterobasidion* spp. izdzīvotību un patogenitāti tieši sagatavotā augsnē. Katrā objektā ierīkoti četri no 200 līdz 400 m² lieli parauglaukumi – divi priežu stādiem, divi egļu.

Eksperiments ierīkots 2017. gada jūnijā, iestrādājot pie stādiem augsnē ar *Heterobasidion* spp. inficētos sakņu fragmentus. Sakņu fragmenti augsnē ievietoti paralēli augsnes virsmai 10 cm dziļumā, 5-10 cm attālumā no stāda. Pie katra stāda augsnē iestrādāti divi 300, 200 un 100 cm³ fragmenti (pa vienam pretējās stāda pusēs) vai četri 50 cm³ tilpuma sakņu fragmenti (pa vienam četrās, savstarpēji pretējās stāda pusēs). Visi sakņu fragmenti, kā arī visi eksperimentā izmantotie stādi ir marķēti. Kopā 12 parauglaukumos augsnē iestrādāti 704 inficēto sakņu fragmenti pie 303 stādiem: 151 priežu un 152 egļu (5.1. tabula).

5.1. tabula. Pētījumā izmantoto sakņu fragmentu raksturojums

	300 cm ³	200 cm ³	100 cm ³	50 cm ³
Sakņu fragmenti pie priežu stādiem	76	90	90	96
Sakņu fragmenti pie egļu stādiem	76	90	90	96
Iestrādāti augsnē kopā	152	180	180	192

Pēc eksperimenta ierīkošanas katram parauglaukumam atzīmētas koordinātes, un visi parauglaukumos esošie stādi (gan tie, pie kuriem augsnē iestrādāti sakņu fragmenti, gan tie, kas eksperimentā netiek izmantoti) kā arī celmi kartēti shēmās. Lai parauglaukumos noteiktu *Heterobasidion* spp. infekcijas fonu, no visiem skuju koku celmiem, izmantojot Preslera svārpstu, tika paņemti koksnes paraugi. *Heterobasidion* infekcija konstatēta tikai vienā egles celmā, no kura izdalīta tīrkultūra un saglabāta kultūru kolekcijā, lai, nepieciešamības gadījumā būtu izmantojama salīdzināšanai. 2018. gada janvārī apsekoti visi parauglaukumi, lai novērtētu stādu marķējumu un nokaltušo stādu daudzumu.

Turpmākajā pētījuma gaitā paredzēts atkārtoti apsekot parauglaukumus. Pēc 12 mēnešu inkubācijas perioda tiks izrakti nokaltušie stādi un pie tiem augsnē iestrādātie sakņu fragmenti. Tiks analizēta stādu sakņu sistēma. Ja konstatēs stāda inficēšanos ar *Heterobasidion* spp., noteiks infekcijas pakāpi, iegūs tīrkultūru, kā arī novērtēs šo stādu sakņu bojājumus. Iegūto *Heterobasidion* spp. tīrkultūru salīdzinās, izmantojot jau minēto somatiskās nesaderības testu (Stenlid, 1985). Kā references kultūru izmantos *Heterobasidion* sp., kas izdalīts pirms eksperimenta ierīkošanas.

6. Priežu celmu sakņu paraugu analīze, novērtējot

***Heterobasidion* spp. izplatību maza diametra skuju koku celmos**

Iepriekšējie pētījumi parāda, ka sakņu piepes *Heterobasidion* spp. sporas spēj inficēt ne tikai lielu dimensiju celmus, bet arī mazu dimensiju celmus pēc kopšanas cirtes (T. Gaitnieks, nepubl. dati). Audzes inficētība ir atkarīga ne tikai no iepriekšējās paaudzes inficēto celmu īpatsvara (Kurkela, 2000), bet arī no sakņu piepes sporu fona gaisā (Hodges 1969). Citu autoru pētījumi liecina, ka lielāks sporu infekcijas risks ir liela diametra celmiem (Piri, 1996; Vasiliauskas *et al.*, 2002), tomēr līdz šim veiktie pētījumi par sakņu piepes izplatību maza diametra skuju koku celmos parāda, ka arī mazu diametru celmi tiek inficēti ar *Heterobasidion* spp. sporām (Redfern *et al.*, 1997) un tā micēlijs izplatās celmu sakņu sistēmā, inficējot blakus augošos kokus (Gunulf *et al.*, 2013). A. Gunulf un autoru kolektīva (2013) pētījumā novērtēta sakņu piepes attīstība egļu celmos un saknēs, bet priežu celmu sakņu analīze nav veikta. Lai novērtētu *Heterobasidion* spp. micēlija attīstību maza diametra priežu celmu saknēs, iepriekš ierīkotajos parauglaukumos priežu jaunaudzēs, kur konstatēta *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu sākotnējā attīstība maza diametra celmos, veikta celmu sakņu analīze.

Metodika

Divos parauglaukumos LVMI Silava un LLU valsts zinātniskās izpētes mežu apsaimniekošanas aģentūras "Meža pētīšanas stacija" mežos (16. kv. 11. nog., 193. kv. 1. nog.) veikta maza diametra (<10 cm) priežu celmu sakņu atrakšana (4 – 5 gadus pēc koku nozāģēšanas). No visiem atraktajiem celmiem iepriekš paņemtas koksnes ripas, lai noteiktu, vai tie ir inficēti ar sakņu piepes sporām. Pētījumā izmantoti tādi celmi, uz kuru virsmas iepriekš konstatēta *Heterobasidion* spp. infekcija. Katrā parauglaukumā atrakti 10 celmi (kopā 20 celmi) (6.1. attēls).



6.1. attēls. Analizētā priežu celma sakņu sistēma.

No katra analizējamā celma izvēlētas 4 – 10 saknes, no kurām divās vietās (saknes resnākajā vietā pie celma un 4 – 246 cm attālumā atkarībā no atraktās saknes garuma) izmantojot rokas zāģi paņemti koksnes paraugi – vienu līdz divus centimetrus biezās ripas. Pavisam analizētas 147 saknes, kurām nebija spēcīgi sadalījusies koksne un bija iespējams paņemt paraugu. No saknēm paņemtie paraugi nomizoti, nomazgāti un ievietoti polietilēna maisiņā, inkubēti 7 dienas istabas temperatūrā. Pēc tam veikta paraugu apskate izmantojot stereomikroskopu (palielinājums 25 – 32x), lai izvērtētu *Heterobasidion* spp. sastopamību.

Rezultāti

Analizētās saknes bija dažādās sadalīšanās pakāpēs: 37% sakņu bija stipri sadalījušās, 24% sakņu celmam tuvākā daļa bija cieta, bet saknes gals sadalījies, 39% saknes bija cietas. Apskatītās priežu celmu sakņu sistēmas bija kompakas, un tikai atsevišķos gadījumos saknes bija saaugušas ar blakus esošo koku saknēm. Kā jau tas minēts arī literatūrā (Laitakari 1927) lielākā daļa priedes sakņu koncentrētas augsnes virsējā slānī līdz 20 cm dziļumam.

Vienā no analizētajiem parauglaukumiem celmu augstums bija 80 cm (16.kv. 11. nog.), otrā – 30 cm (193. kv. 1. nog). *Heterobasidion* spp. sastopamība atzīmēta 3 celmos parauglaukumā, kur atstāto celmu augstums bija 30 cm, otrā parauglaukumā ar celmu augstumu 80 cm sēne netika konstatēta (6.1. tabula). Kā norāda A. Gunulf un autoru kolektīvs (2012), kaut arī augstos un zemos celmos sākotnējā *Heterobasidion* spp. infekcijas attīstība būtiski neatšķiras, tomēr augstos celmos sakņu piepei nepieciešams ilgāks laiks, lai iesaistītu līdz sakņu kaklam un caur saknēm inficētu blakus augošos kokus (Gunulf *et al.* 2012).

6.1. Analizēto maza diametra priežu celmu raksturojošie parametri.

193. kv. 1. nog				
Celma Nr.	Diametrs	Sākotnēji aizņemtais sēnes laukums uz celma virsmas, %		<i>Heterobasidion</i> spp. konstatēts sakņu sistēmā
		<i>Heterobasidion</i> spp.	<i>P.gigantea</i>	
26	6,2	11,5	0	+
34	5,2	40,0	0	+
38	7,1	22,6	16,7	-
39*	8,2	11,1	0	-
50*	6,0	27,7	0	-
63	7,0	14,0	9,6	-
79	8,4	21,5	35,2	-
92*	9,1	1,5	55,8	-
96	10,1	1,2	0	+
100*	6,6	1,5	0	-
16. kv. 11. nog.				
1	6,6	15,8	19,9	-
3	6,5	16,5	75,7	-
11*	8,0	7,9	19,2	-
13*	6,0	3,5	9,9	-
14	7,2	26,5	34,6	-
19	7,4	41,0	13,3	-
20	5,9	9,1	27,1	-
30	6,3	12,6	13,2	-
44	6,9	2,6	0	-
57	7,8	22,6	10,1	-

*konstatēta *Armillaria* spp.

Vienam no analizētajiem celmiem (Nr. 26) sakņu sistēma bija ļoti vitāla, jo tas jaunaudzē atradās 15 – 20 cm attālumā no augošas priedes. *Heterobasidion* spp. micēlijs atzīmēts arī spēcīgi sadalījušās saknēs, kā arī vairākās viena celma saknēs (maksimums 7 saknēs). Celmos, kuru sakņu sistēmā konstatēts *Heterobasidion* spp., sēnes sākotnēji aizņemtais laukums uz celma virsmas bijis 1,2 – 40,0% (6.1. tabula); *Heterobasidion* spp. saglabāšanās nav saistīta ar sākotnēji inficēto celma daļas laukumu.

Priedes koksni spēcīgi kolonizē arī citas koksni noārdošās sēnes (Meredith 1960), piemēram, *Phlebiopsis gigantea*, *Armillaria* spp., radot konkurenci *Heterobasidion* spp. un paātrinot celma sadalīšanos. Kā minēts iepriekš, 37% sakņu bija stipri sadalījušās un 24% sakņu tikai celmam tuvākā sakņu daļa bija cieta. Sakņu noārdīšanos visticamāk veicinājusi citu koksni noārdošo sēņu klātbūtne.

Mūsu pētījumā sešos celmos (attieciīgi vienā parauglaukumā divi, otrā – četri celmi) konstatēta celmene *Armillaria* spp. Kā redzams 6.1. tabulā, 65% analizēto celmu uz to virsmas

sākotnēji konstatēta *P. gigantea*. Priežu celmi, kurus kolonizējusi *P. gigantea* noārdās daudz ātrāk, salīdzinot ar celmiem, kuros sastopams tikai *Heterobasidion* spp. (Meredith 1960). Mūsu iegūtie dati liecina, ka *Heterobasidion* spp. netika atrasts celmos, kuri sākotnēji bija inficēti ar *P. gigantea*.

Mūsu pētījumā saknes, kurās attīstījies *Heterobasidion* spp. bija 13 – 110 cm garas (vidējais saknes diametrs pie celma 3 cm, saknes galā 1 cm). Iegūtie dati liecina, ka 5 gadu laikā *Heterobasidion* spp. micēlijs bija maksimāli izaudzis apmēram 160 cm. Pētījumos Anglijā (Meredith 1960) 20 gadus vecā priežu audzē, kurā celmi apstrādāti ar *Heterobasidion* spp. suspensiju, sēnes micēlija augšanas ātrums 3 mēnešu laikā bijis 20 – 30 cm, pēc 6 mēnešiem *Heterobasidion* spp. konstatēts celma saknēs. Iepriekš minētajos pētījumos secināts, ka celmu sadalīšanās process ilgst 8 – 9 gadus; ir celmi, kuri jau ir pilnībā sadalījušies; celmi, kuriem ir augstāks sveķu saturs sadalās lēnāk. Sēņu sugu nomaīņa ir ātrāka maza diametra celmos, salīdzinot ar liela diametra celmiem (Meredith 1960).

Mūsu iegūtie rezultāti ļauj secināt, ka *Heterobasidion* spp. micēlijs, kas attīstījies no bazīdijsporām var sekmīgi kolonizēt maza diametra priežu celmu saknes. Lai pilnībā pārliecinātos, ka *Heterobasidion* spp. micēlijs attīstījies no bazīdijsporām un infekcija saknēs nav nonākusi caur sakņu kontaktiem, turpmākajā darbā jāievāc paraugi no blakus esošo augošo koku saknēm.

Secinājums

Četrus līdz piecus gadus pēc sākotnējās inficēšanās ar bazīdijsporām, *Heterobasidion* spp. konstatēts 3 (15%) no 20 pārbaudītajiem priežu celmiem. Infekcija netika konstatēta 80 cm augsto celmu saknēs, bet *Heterobasidion* spp. atrasts 30 cm augsto celmu saknēs. Mazu dimensiju priežu celmi var inficēt blakus augošo koku saknes.

7. *P. gigantea* micēlija attīstības pārbaude trupējušā egles koksne

Latvijā krājas kopšanas cirtēs kopš 2008. gada skuju koku celmu aizsardzībai pret sakņu piepi *Heterobasidion* spp. tiek pielietots Somijā ražotais bioloģiskais preparāts “Rotstop”, kura sastāvā ir lielās pergamentsēnes *Phlebiopsis gigantea* sporas (Kenigšvalde *u.c.*, 2011). Somijā egļu celmu apstrāde tiek veikta arī galvenajā cirtē, ja audzi plānots atjaunot ar egli (Oliva *et al.*, 2013; Verdera Oy, 2018). Pētījumi liecina, ka ir lietderīgi apsvērt celmu apstrādes nepieciešamību galvenajā cirtē egļu audzēs, ja tajā vairākums celmu ir trupējuši (Thor, 2005). Spēcīgi trupējušā koksne *P. gigantea* (primārā koksni kolonizējošā sēne) spēj attīstīties tikai tajā koksnes daļā, kura vēl ir citu sēņu neskarta.

Lai novērtētu *P. gigantea* attīstību trupējušā egles koksne, Vidusdaugavas reģiona Ogres un Kokneses iecirknī divos izcirtumos (7.1. tabula) 2017. gada jūlijā un augustā ierīkoti divi parauglaukumi, kuros celmi apstrādāti ar *P. gigantea*.

7.1. tabula. Parauglaukumu raksturojums.

Kvartālu apgabals	Kv.	Nog.	Platība, ha	Meža tips	Sugu sastāvs	Audzes 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 izvēlēti trupējuši un spēcīgi trupējuši celmi (7.1. attēls). No celma virsmas nozāģēta 2-3 cm bieza ripa, kura nogādāta tālākai apskatei laboratorijā, lai noteiktu trupi izraisošo sēni.



7.1. attēls. Spēcīgi trupējis celms, kas inficēts ar *Heterobasidion* spp.

Tūlīt pēc ripas nozāģēšanas celma virsma apstrādāta ar bioloģisko preparātu “Rotstop”, kas sagatavots pēc ražotāja instrukcijām.

Katrā parauglaukumā apstrādāti 40 trupējuši celmi un 20 celmi bez trupes pazīmēm. Kopā abos parauglaukumos apstrādāti 120 celmi. Celmi marķēti ar plastikāta zīmītēm. Laika apstākļi parauglaukumu ierīkošanas dienās bija saulaini, bez nokrišņiem, vidējā diennakts gaisa temperatūra +16°C. Paraugus no apstrādātajiem celmiem plānots ievākt 2018. gada vasarā-rudenī.

8. Sakņu piepes un celmenes sastopamības novērtējums stipri inficētās priežu jaunaudzēs

Kā jau iepriekš minēts gan literatūras dati, gan mūsu pētījumos iegūtie rezultāti apstiprina (1. nodaļa), ka lapu kokus raksturo augstāka rezistence pret *Heterobasidion* sugu kompleksa sēnēm (Korhonen *et al.*, 1998b). Arī skuju koku sugu uzņēmība pret *H. annosum* un *H. parviporum* var atšķirties (Gonthier and Thor, 2013).

Igaunijā, Lietuvā un Baltkrievijā, kopā apsekojot 50 egļu audzes un ievācot 129 paraugus, konstatēts, ka egles inficē gan *H. parviporum*, gan *H. annosum* (apmēram 30% apsekoto egļu audžu atrasti *H. annosum* augļķermeņi) (Korhonen *et al.*, 1992). Latvijā veiktos pētījumos, apsekojot izgāztus kokus, konstatēts, ka 10% egļu, kas inficētas ar sakņu piepi, primārais trupes izraisītājs ir *H. annosum* (Gaitnieks, nepublicēti dati). Turpretī priedes tikai atsevišķos gadījumos inficē *H. parviporum* (Korhonen *et al.*, 1992; Gonthier and Thor, 2013), arī priedes celmi nav uzņēmīgi pret *H. parviporum* infekciju (Oliva *et al.*, 2013). Turklāt mākslīgās inficēšanas eksperimentā, izmantojot priežu un egļu stādus, noteikts, ka *H. annosum* micēlijs priežu stādos attīstās būtiski ātrāk salīdzinot ar *H. parviporum* (Zaļuma *et al.*, 2015). Ņemot vērā priedes zemo uzņēmību pret *H. parviporum*, tā tiek rekomendēta stādīšanai inficēto egļu audžu vietā (Piri and Korhonen, 2001). Mūsu pētījumi liecina, ka priežu jaunaudzēs sakņu piepe ir biežāk sastopama (4. nodaļa) nekā pieaugušās un ciršanas vecumu sasniegušās priežu audzēs (1. nodaļa).

Lai izvērtētu sakņu trupi izraisīto sēņu attīstības dinamiku, 2014.-2017. gadā tika ierīkoti parauglaukumi trīs stipri inficētās *Pinus sylvestris* jaunaudzēs. 2018. gadā tiks veikta atkārtota parauglaukumu apsekošana, lai novērtētu infekcijas attīstības dinamiku.

Materiāls un metodika

1. parauglaukums ierīkots privātīpašumā Kuldīgas novadā, Rumbas pag., 1. kv. 4. nogabalā (Z. pl. 57.0652421, A. g. 21.9561080), meža tips – Dm, kopējā platība 0,5 ha, audzes sastāvs 9P 1B. Audze kopta 2012. gadā. Ierīkotā parauglaukuma platība 0,24 ha, tajā kartēti visi augošie, nokaltušie koki, celmi. Pārējā teritorijā sakņu piepes infekcija netika konstatēta. 2016. un 2017. gadā ievākti koksnes paraugi no inficētajiem kokiem un iepriekšējās paaudzes celmiem, lai noteiktu infekcijas izplatības dinamiku.

2. parauglaukums ierīkots Vidusdaugavas reģionā, Vecumnieku iecirknī 292. kv. 7. nog. (Z. pl. 56.66628, A. g. 24.3327), meža tips – Ln, kopējā platība 0,8 ha, audzes sastāvs 10 P, vecums 11 gadi. Audzē apsekoti visi koki, 2014. un 2017. gadā uzskaitīti visi kaltušie koki,

paņemti paraugi, lai noteiktu sakņu piepes sastopamību un izplatību. Paraugi no 35 celmiem tika ievākti 2015. gadā.

3. parauglaukums ierīkots privātpašumā Iecavas novadā, Iecavas pag. 2. kv., 3.nog. (Z. pl. 56.6581, A. g. 24.2888), 12 gadus vecā priežu audzē, sastāvs 9P 1Oz, meža tips – Dm, kopējā platība – 0,6 ha. Stādīšanas attālums 1 x 2 m, iestādīti 3 500 koki. Audze ierīkota piecus gadus pēc tam, kad *Pinus sylvestris* nocirsta (pēc sanitārā atzinuma 2001. g.). Audzē apsekoti visi koki, un četrās randomizēti izvēlētās rindās uzskaitīti visi augošie koki, lai noteiktu priežu izdzīvotību. Paraugi no celmiem tiks ievākti 2018. gadā.

Visās trijās audzēs konstatētajos infekcijas centros ievākti koksnes paraugi, lai noteiktu, vai koku kalšanu izraisījušas sakņu trupi izraisošas sēnes. Kaltušie koki tika nozāgēti 3 cm virs augsnes horizonta un pēc tam paņemts koksnes paraugs. Ar tālmēru Vertex IV noteikts attālums no infekcijas centra (lauces viduspunkts) līdz tālākajam nokaltušajam vai ar sakņu piepi inficētajam kokam, mērījumā iekļauts vismaz vēl viens aiz kaltsušās priedes augošs koks (dinamikas pētījumiem). Ņemot vērā mērījumus, audzēs izvietoti aplveida parauglaukumi (rādiuss no 4 m līdz 10 m). Iegūtie mērījumi reprezentē infekcijas skarto teritoriju audzēs. Infekcijas centru atrašanās vietas audzēs fiksētas, izmantojot GARMIN eTrex 30.

No iepriekšējās paaudzes celmiem ievāktas koksnes skaidiņas, tās izcērtot no celma vai, ja celmi bija stipri sadalījušies, tos atrokot un izzāgējot paraugu, ievāktas sakņu ripas (8.1. attēls). Koksnes paraugi līdz apstrādei uzglabāti +4 °C. Ievāktās *P. sylvestris* ripas laboratorijā nomizotas un nomazgātas. Pēc tam ripas ieliktas sterilos maisos un inkubētas 5 – 7 dienas istabas temperatūrā.

Pēc inkubācijas perioda ripas izņemtas no maisiem, atzīmējot sakņu trupi izraisošo sēņu sastopamību. Ripas pārbaudītas, izmantojot Leica stereomikroskopu M205 C. Ja uz ripas konstatēja atsevišķus *H. annosum* konīdijnesējus vai to grupas, tie tika atzīmēti uz ripas virsmas ar ūdensizturīgas krāsas flomāsteri un, izmantojot sterilu pinceti, uzsēti uz iesala-agara barotnes. No celmiem paņemtās koksnes skaidiņas, sterilizētas liesmā un ievietotas Petri platē ar iesala-agara barotni. Petri plates inkubētas istabas temperatūrā un regulāri pārbaudītas. *Heterobasidion* sugas noteiktas, izmantojot micēlija mikroskopiskās pazīmes, pēc tam sēnes izdalītas tīrkultūras.



8.1. attēls. Atrakts *P. sylvestris* celms.

Lai noskaidrotu, vai no atšķirīgiem kokiem/celmiem iegūtie izolāti ir ģenētiski identiski, katru iegūto *Heterobasidion* sp. izolāta tīrkultūras gabalu novietoja uz Petri plates 1-1,5 cm attālumā no cita izolāta. Kultūras piederību konkrētam genotipam noteica piecu nedēļu laikā, novērojot demarkācijas jeb konfrontācijas līniju starp kultūrām (Stenlid, 1985).

Rezultāti

1. parauglaukumā 2016. gadā *H. annosum* infekcija konstatēta 20 kokiem (no 32 nokaltušiem), izolātu tīrkultūras izdalītas no 10 paraugiem, *H. annosum* tīrkultūras izdalītas arī no 3 iepriekšējās paaudzes celmiem (pavisam paraugi ievākti no 15 celmiem). 2017. gadā konstatēts, ka parauglaukumā nokaltuši vēl 4 koki, 3 no tiem izdalīts *Heterobasidion* spp. No kopējā koku skaita parauglaukumā 11 % analizēto koku tika konstatēts *Heterobasidion annosum*. Audzē konstatēti 10 atšķirīgi *Heterobasidion annosum* genotipi. Infekcijas skartā teritorija (kalstošie, inficētie koki un lauces) aizņēma aptuveni 0.05 ha jeb 10 % no audzes kopējās teritorijas.

2. parauglaukumā 2014. gadā *Heterobasidion* spp. noteikts 24 kokiem, *Armillaria* spp. izdalīta no sešiem kokiem. Tika konstatēti vēl 36 kaltuši koki, bet sakņu trupi izraisošie patogēni – *Heterobasidion* spp. vai *Armillaria* spp. – netika izdalīti. Veicot tīrkultūru krustošanu, parauglaukumā noteikts 21 *Heterobasidion* sp. genotips. No iepriekšējās paaudzes celmiem *Heterobasidion* spp. netika izdalīts. Atkārtota paraugu ievākšana veicama 2018. gadā. 2017. gadā uzskaitīti vēl 73 nokaltuši koki, 65 no tiem konstatēti *Heterobasidion* spp. infekcijas skartajā teritorijā, kas atzīmēta jau 2014. gadā. Sakņu piepes inficētie koki aizņem 0,04 ha jeb 5 % no audzes kopējās platības.

3. parauglaukumā kopā konstatēti 68 kaltuši koki. Aprēķināts, ka vidējais koku skaits 2017. gadā audzē ir gandrīz divreiz mazāks nekā sākotnēji iestādītais, tā kā meža īpašniekam nav informācijas par to, vai audzē ir tikusi veikta kopšana, mēs nevaram izdarīt secinājumus

par to, kāds ir koku skaita samazinājuma iemesls. Ar sakņu piepi inficētie koki lokalizēti 10 infekcijas centros, tajos konstatēti 13 *Heterobasidion* genotipi. Kopā uzmērītā teritorija -desmit apļveida parauglaukumi, kuros konstatēti inficēti, kaltuši koki un lauces, aizņēma 0.12 ha jeb 20 % no audzes kopējās platības. Visos analizētajos parauglaukumos infekcijas skartajā teritorijā konstatēja arī vitālas *Pinus sylvestris*, kā arī laucēs bija sastopami lapu koki.

Dati, kas iegūti pieaugušās priežu audzēs, liecina, ka sakņu piepes radītās lauces un inficētie koki aizņem ne vairāk kā 1 % no 2017. gadā apsekoto audžu kopējās platības (2. nodaļa), tomēr stipri inficētās audzēs var aizņemt pat 20 % no kopējās audzes teritorijas (Gaitnieks, 2016). Kā jau iepriekš minēts, inficēti iepriekšējās paaudzes celmi nodrošina infekcijas pārneši uz jauno paaudzi, bet to izvākšana samazina inficēšanās risku (Greig and Low, 1975 cit. pēc Korhonen *et al.*, 1998b). Iegūtie rezultāti (3. parauglaukums, Gaitnieks, 2016) rāda, ka atsevišķās priežu jaunaudzēs piektā daļa no kopējās platības var būt pakļauta infekcijas riskam. Jāatzīmē, ka pētījumā analizētajās jaunaudzēs blakus ar sakņu piepi inficētajām, kaltušajām priedēm tika konstatētas augošas priedes, arī tās var inficēties, izveidojoties sakņu kontaktiem ar inficētajiem kokiem, celmiem. Intensīva koku kalšana turpinās vismaz līdz 30 gadu vecumam (R. Vasaitis, pers. kom.). Konstatēts, ka 25 gadus vecā *P. contorta* audzē (0,8 ha), 4 gadu laikā nokaltušo koku skaits no 257 var pieaugt līdz 377 (A. Zaļuma, nepubl. dati). Tāpēc, lai noteiktu *Heterobasidion* spp. radītos zaudējumus, svarīgi ilgtermiņa pētījumā novērtēt infekcijas dinamiku un inficētības pakāpi jaunaudzes vecumā.

Lai novērstu sakņu piepes izplatību mežizstrādes laikā, diennakts vidējai temperatūrai sasniedzot +5 °C, nepieciešama svaigu celmu apstrāde ar augu aizsardzības līdzekļiem. Būtiski apstrādāt ne tikai celmus krājas kopšanas cirtēs, bet arī galvenajās cirtēs. J. Honkaniemi un autoru kolektīvs (2017) izstrādājis modeli (Hmodel), kurš ļautu prognozēt sakņu piepes attīstību skuju koku audzēs, konstatējuši, liela izmēra iepriekšējās paaudzes celmi egļu audzēs ir nozīmīgākais faktors sakņu piepes infekcijas izplatībā. Liela izmēra celmi biežāk inficējas ar sakņu piepes bazīdijsporām, savukārt labi attīstītā sakņu sistēma nodrošina infekcijas izplatību sakņu kontaktu ceļā uz blakus augošajiem kokiem (Honkaniemi *et al.* 2017).

Secinājums

Analizētie dati liecina, ka piektā daļa no priežu jaunaudzes kopējās platības var būt pakļauta sakņu piepes infekcijas riskam. Tāpēc, lai ierobežotu sakņu trupi izraisīto sēņu radītos zaudējumus priežu jaunaudzēs, ieteicama celmu apstrāde ar augu aizsardzības līdzekļiem arī galvenās cirtes laikā un trupējušo celmu izvākšana.

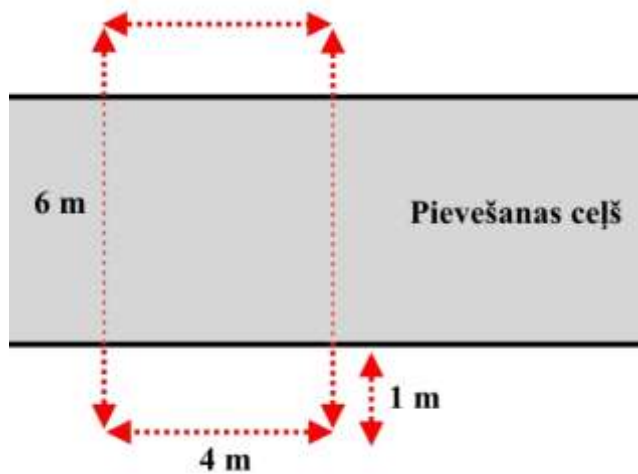
9. Mežizstrādes atlieku uzskaite un trupējušās koksnes apjoma novērtējums egļu audzēs pēc krājas kopšanas un galvenās cirtes

Ar sakņu piepi inficētas, trupējušās koksnes atstāšana mežā pēc mežizstrādes darbu veikšanas var veicināt sēnes tālāku izplatību (Müller *et al.* 2007; Stivriņa *u.c.* 2010). Priedēs sakņu piepes micēlijs izplatās tikai sakņu sistēmā, jo nespēj pārvarēt koka aizsargsistēmu un izplatīties stumbrā (Korhonen and Stenlid, 1998), taču eglēs sēne spēj inficēt stumbru vairāku metru augstumā (Korhonen and Stenlid, 1998; Stenlid and Redfern, 1998). Lielu dimensiju trupējušās egles koksnes atstāšana mežā var veicināt sakņu piepes primāro infekciju ar sporām, jo uz trupējušām, ar sakņu piepi inficētām mežizstrādes atliekām veidojas sēnes auglķermenī (Brūna, 2014). Tādēļ ir svarīgi noskaidrot, cik daudz lielu dimensiju (diametrs lielāks par 10 cm) trupējušās egles koksnes paliek mežā pēc mežizstrādes darbu veikšanas.

Metodika

2017. gadā tika turpināts 2016. gadā iesāktais pētījums par mežizstrādes rezultātā mežā atstātās trupējušās egles koksnes atlieku daudzumu. 2017. gadā Austrumlatvijā – Rietumvidzemes, Austrumvidzemes, Ziemeļlatgales, Dienvidlatgales un Vidusdaugavas reģionos – izvēlēti 12 nogabali, kur iepriekš veikta galvenā cirte, un 12 nogabali, kur veikta krājas kopšanas cirte (9.1. tabula). Apsekošanai izvēlētajos nogabalos mežizstrāde veikta 2016. gadā, egles īpatsvars audzes sastāva formulā bija lielāks par 6.

Pētījumā izmantota tāda pati metodika kā 2016. gada apsekojumos (LVM projekta 1. etaps 2016. gads). Atlieku uzskaite un uzmērīšana veikta uz pievešanas ceļiem, izvietojot parauglaukumus (4x6 m), kas ietver pievešanas ceļu un vēl metru uz abām pusēm no pievešanas ceļa. Iepriekš minētie parauglaukumi izvietoti uz pievešanas ceļa ik pēc 40 metriem (9.1. attēls). Apsekoti septiņi dažādi meža tipi.



9.1. attēls. Uz pievešanas ceļa izvietotā parauglaukuma shēma.

Analizētajos nogabalos ierīkoti 5 - 16 parauglaukumi, atkarībā no audzes platības un kopējā pievešanas ceļu garuma. Katrā parauglaukumā uzskaitītas un uzmērītas visas egles koksnes mežizstrādes atliekas, kuru diametrs lielāks par 10 cm, atzīmējot, mežizstrādes atliekas diametru, garumu un to, vai atlieka ir svaiga, trupējusi, sausa vai stipri sadalījusies. Lai katrā apsekojamajā nogabalā pirmais parauglaukums uz pievešanas ceļa atrastos dažādā attālumā no audzes malas, pirmā parauglaukuma ierīkošanai pēc nenoteiktības principa izvēlēts 0 – 40 metru attālums no pievešanas ceļa sākuma.

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

Krājas kopšanas cirte						
Nr.	Kvartāla apgabals	Kvartāls	Meža tips	Platība, ha	Nogabala centra koordinātes	
					X	Y
1	102	161	Ks	1,2	617364	395365
2	104	393	Dm	1,2	635591	352928
3	104	393	Dms	0,9	635324	353172
4	109	430	Dm	1,1	631431	333054
5	411	329	Vr	1,2	598278	332642
6	411	344	Ks	0,9	594915	329940
7	305	107	As	1,2	619683	249450
8	503	245	Kp	0,8	592102	283816
9	102	212	As	0,5	609891	394318
10	403	263	Vrs	1,2	555010	410907
11	401	422	Dms	1,1	528753	399483
12	501	217	As	0,7	542606	298919
Galvenā cirte						
13	501	66	Vr	0,2	549196	305317
14	502	223	As	0,6	8046	584511
15	502	223	Ks	1,0	8046	584570
16	403	103	As	0,4	559023	425840
17	809	16	Vr	0,8	704203	277174
18	809	11	Vr	0,9	700121	278477
19	809	1	Vr	0,6	705711	285330
20	411	347	Dm	0,5	593818	329674
21	109	281	Dm	0,5	635060	344198
22	506	99	Dms	1,0	559832	267701
23	506	100	Dm	0,9	560130	267761
24	501	116	Ap	0,8	548156	301594

Rezultāti

Egles mežizstrādes atliekas uzskaitītas 104 parauglaukumos pēc galvenās cirtes un 133 parauglaukumos pēc krājas kopšanas cirtes; kopā uzmērītas attiecīgi 221 un 232 egles mežizstrādes atliekas. Kā jau secināts arī iepriekšējā gadā, lielākā daļa uzmērīto mežizstrādes atlieku bija svaiga egles koksne (9.2. tabula). Svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atliekas sastādīja 1,3% un 3,6% no uzmērītajām atliekām krājas kopšanas cirtē un galvenajā cirtē, kas ir mazāk, salīdzinot ar iepriekšējā gadā konstatēto Rietumlatvijā, kur svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atliekas sastādīja attiecīgi 19% un 9%.

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

Mežizstrādes atlieku raksturojums	Mežizstrādes atlieku īpatsvars, %	
	Krājas kopšanas cirtē	Galvenā cirtē
Svaiga	65,5	61,1
Svaiga trupējusi	1,3	3,6
Sausa	20,7	23,1
Svaiga galotne	12,5	11,8

Līdzīgi kā tas konstatēts iepriekšējā gada pētījumā, lielākā daļa mežizstrādes atlieku, kas uzskaitītas krājas kopšanas un galvenajās cirtēs, bija galotnes, kas īsākas par 3 metriem, un atzāģētās blīzuma daļas (9.2. attēls).



9.2. attēls. Egles mežizstrādes atlieka galvenajā cirtē.

Mežizstrādes atlieku dimensijas krājas kopšanas un galvenajā cirtē atspoguļotas 9.3. tabulā.

9.3. 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	17	28	13	11
min - max*	10-36	17-36	10-27	10-16
Garums, cm				
vidējais	33	19	98	206
min - max	2-300	7-47	6-232	19-300
Galvenā cirtē				
Diametrs, cm				
vidējais	30	30	15	11
min - max	10-68	10-62	10-84	10-16
Garums, cm				
vidējais	25	17	97	154
min - max	1-297	2-64	6-280	56-298

*minimālais - maksimālais

Kopā krājas kopšanas cirtē uzskaitītas trīs un galvenajā cirtē astoņas svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atliekas, tajā skaitā ar diametru lielāku par 30 cm bija tikai attiecīgi viena un divas atliekas.

Uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums 1 ha lielā nogabalā bija vidēji 2,02 m³ krājas kopšanas cirtē un 4,40 m³ galvenajā cirtē, no tā svaigu, trupējušu atlieku daudzums bija attiecīgi: 0,04 m³ (1,85%) un 0,09 m³ (2,12%). Lielu dimensiju (ø>30 cm) svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atlieku daudzums uz pievešanas ceļiem 1 ha lielā nogabalā bija vidēji 0,03 m³ krājas kopšanas cirtē un 0,05 m³ galvenajā cirtē, respektīvi, 1% no vidējā uz pievešanas ceļiem atstātā analizēto mežizstrādes atlieku daudzuma krājas kopšanas un galvenajā cirtē.

Uz trupējušām lielu dimensiju (diametrs lielāks par 30 cm) mežizstrādes atliekām ir vislielākais potenciāls izveidoties sēnes augļķermeniem, jo šādas atliekas raksturo stabilāks temperatūras un mitruma režīms (Müller *et al.* 2007). Tikai 1% apsekoto lielu dimensiju mežizstrādes atlieku bija trupējušas, tomēr audžu apsekošanas laikā slapjainu meža tipos bieži tika novērots, ka ciršanas atliekas ir dziļi iespiestas augsnē. Diemžēl šādām atliekām nav nosakāms, vai tās ir trupējušas. Jāpiezīmē, ka pārlika mitruma apstākļi nav labvēlīgi sakņu piepes attīstībai (Müller *et al.*, 2007) un šādas mežizstrādes atliekas nav potenciāli bīstamas kā infekcijas avots.

Lai izvērtētu trupi izraisīto sēņu augļķermeņu attīstību uz svaigas trupējušas egles koksnes mežizstrādes atliekām, būtu nepieciešama atkārtota apsekošana pēc 3 - 5 gadiem.

Secinājums

Apsekotajos 12 nogabalos pēc krājas kopšanas cirtes un 12 nogabalos pēc galvenās cirtes uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums uz 1 ha bija attiecīgi vidēji 2,02 m³ un 4,40 m³; no tā svaigu, trupējušu atlieku daudzums bija: 0,04 m³ (1,85%) un 0,09 m³ (2,12%). Analizētajos nogabalos lielu dimensiju trupējušas egles koksnes daudzums pēc mežizstrādes darbu veikšanas vērtējams kā neliels un būtiski nepalielina audžu inficēšanās risku ar sakņu piepi

10. Bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitātes salīdzinājums sakņu piepes *Heterobasidion* spp. sporu infekcijas ierobežošanā

Sakņu piepes *Heterobasidion* spp. ierobežošanai iespējams pielietot gan bioloģiskos, gan ķīmiskos preparātus (Nicolotti and Gonthier, 2005). Preparātu efektivitāti ietekmē vides apstākļi, celmu apstrādes kvalitāte (Berglund and Rönnerberg, 2004), kā arī *Heterobasidion* spp. sporu daudzums (Pratt, 2000).

Materiāls un metodika

Lai novērtētu bioloģisko (preparāts “Rotstop”) un ķīmisko (urīnviela) preparātu efektivitāti egļu celmu aizsardzībā, 2017. gada 14. jūlijā ierīkots eksperiments SIA “Rīgas meži” Tīreļu mežniecības teritorijā divās egļu audzēs. Parauglaukumi ($\approx 50 \times 100$ m) ierīkoti krājas kopšanas cirtēs, kur iepriekšējā dienā veikta mežizstrāde ar hārvesteru. Egļu celmi izvēlēti tā, lai būtu vienmērīgi izvietoti pa visu parauglaukumu. Celmu apstrāde veikta ar bioloģisko preparātu “Rotstop”, kas sagatavots pēc ražotāja (Verdera Oy, Somija) instrukcijām (≈ 5000 oīdijas mL^{-1}) vai 35% urīnvielu. Eksperimentā pielietotā urīnvielas koncentrācija izvēlēta balstoties uz citu pētījumu rezultātiem (Nicolotti and Gonthier, 2005; Thor and Stenlid, 2005). Celmi apstrādāti, izmantojot rokas smidzinātāju un marķēti ar plastikāta zīmītēm. Daļa celmu atstāti neapstrādāti, lai novērtētu *Heterobasidion* spp. sporu sastopamību audzē. Celmu augstums bija 20 – 50 cm. Pirmajā parauglaukumā apstrādātie un kontroles celmi izvēlēti starp paralēliem pievešanas ceļiem (slejā). Otrajā parauglaukumā celmu apstrāde veikta katrā otrajā izstrādātajā slejā. Abos parauglaukumos kopā apstrādāti 120 celmi (60 ar “Rotstop” un 60 ar urīnvielu). Laika apstākļi eksperimenta ierīkošanas dienā bija saulaini, bez nokrišņiem, gaisa temperatūra $+20^{\circ}\text{C}$. Turpmākās divas dienas pēc eksperimenta ierīkošanas bija bez nokrišņiem. Tā kā 2017. gadā vasaras vidējā gaisa temperatūra bija samērā zema, tad, lai nodrošinātu pietiekami ilgu periodu sēnes attīstībai koksnē, paraugu ievākšana no celmiem plānota 2018. gada sākumā.

11. Publikācijas sagatavošana

2017. gadā tika sagatavota un žurnālā “Silva Fennica” iesniegta publikācija par mazu dimensiju egļu celmu uzņēmību pret *Heterobasidion* spp. priežu un egļu celmos pēc kopšanas cirtes. Galvenie secinājumi, analizējot gandrīz 2000 koksnes paraugu, ir:

1) mazu dimensiju egļu celmi ir uzņēmīgāki pret sakņu piepes infekciju, salīdzinot ar priežu celmiem;

2) skuju koku celmu inficētība būtiski palielinās līdz ar celmu diametru.

Publikācija pieejama: <https://doi.org/10.14214/sf.9911>.

Secinājumi

1. Lapu koki, salīdzinot ar skuju kokiem, ir mazāk uzņēmīgi pret sakņu piepi, līdz ar to tie izmantojami stipri inficētu platību atjaunošanā.
2. Sakņu piepe konstatēta 13 (22 %) no 59 (2016.-2017. gadā) apsekotajām priežu audzēm. Ja pēc mežizstrādes netiks veikta inficēto celmu izvākšana un mežaudze tiks atjaunota ar skuju kokiem, iespējama infekcijas izplatība sakņu kontaktu ceļā uz jaunās paaudzes kokiem.
3. *Heterobasidion* spp. konstatēts vairāk nekā pusē analizēto priežu jaunaudzū, atsevišķās audzēs uz 1 ha konstatēti 19 inficēti koki. Teorētiski katrs inficētais koks var veidot jaunu infekcijas centru, būtiski palielinot *Heterobasidion* spp. izplatību audzē.
4. Dabiski atjaunojušās priežu jaunaudzēs sakņu piepe sastopama retāk nekā stādītās. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka meklējami risinājumi, kā inficēšanās riskus mazināt, lai nodrošinātu sekmīgu stādīto jaunaudzū attīstību, nodrošinot selekcijas efekta pārneši ražošanā.
5. Četrus līdz piecus gadus pēc sākotnējās inficēšanās ar bazīdijsporām, *Heterobasidion* spp. konstatēts 3 (15%) no 20 pārbaudītajiem priežu celmiem. Infekcija netika konstatēta 80 cm augsto celmu saknēs, bet *Heterobasidion* spp. atrasts 30 cm augsto celmu saknēs. Mazu dimensiju priežu celmi var inficēt blakus augošo koku saknes.
6. Analizētie dati liecina, ka piektā daļa no priežu jaunaudzes kopējās platības var būt pakļauta sakņu piepes infekcijas riskam. Tāpēc, lai ierobežotu sakņu trupi izraisīto sēņu radītos zaudējumus priežu jaunaudzēs, ieteicama celmu apstrāde ar augu aizsardzības līdzekļiem arī galvenās cirtes laikā un trupējušo celmu izvākšana.
7. Apsekotajos 12 nogabalos pēc krājas kopšanas cirtes un 12 nogabalos pēc galvenās cirtes uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums uz 1 ha bija attiecīgi vidēji 2,02 m³ un 4,40 m³; no tā svaigu, trupējušu atlieku daudzums bija: 0,04 m³ (1,85%) un 0,09 m³ (2,12%). Analizētajos nogabalos lielu dimensiju trupējušas egles koksnes daudzums pēc mežizstrādes darbu veikšanas vērtējams kā neliels un būtiski nepalielina audžu inficēšanās risku ar sakņu piepi.

Literatūra

- 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.
- 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.
- Brūna, L. 2014. Sakņu piepes *Heterobasidion annosum* s.l. un citu koksni kolonizējošo sēņu attīstība uz trupējušas egles koksnes. Maģistra darbs, Rīga, Latvijas Universitāte, 85 lpp.
- 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.
- Dukes, J. S., Pontius, J., Orwig, D., Garnas, J. R., Rodgers, V. L., Brazee, N., Cooke, B., Theoharides, K. A., Stange, E. E., Harrington, R., Ehrenfeld, J., Gurevitch, J., Ler dau, M., Stinson, K., Wick, R., Ayres, M. 2009. Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: what can we predict? *Canadian Journal of Forest Research*, 39: 231–248.
- Gaitnieks, T. 2010. Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte. Starpatskaite. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, 33.lpp.
- 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., 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, 1-7.

- Gonthier, P., Thor, M. 2013. Annosus root and butt rots. - In: Infectious Forest Diseases. Gonthier, P., Nicolotti, G. (eds.) Wallingford: CAB International, 128.–158.
- Greig, B. J. W. 1998. Field recognition and diagnosis of *Heterobasidion annosum*. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. Hüttermann, A. (eds.), *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Wallingford: CAB International, 35-92.
- 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.
- Gunulf, A., Wang, L., Englund, J.E., Rönnerberg, J. 2013. Secondary spread of *Heterobasidion parviporum* from small Norway spruce stumps to adjacent trees. *Forest Ecology and Management*, 287:1–8.
- Heinzelmann, R., Prospero, S., Rigling, D. 2016. Virulence and stump colonization ability of *Armillaria borealis* in Norway spruce seedlings in comparison to sympatric *Armillaria* species. – Plant diseases, posted online American Phytopathological Society.
- Hodges, C. S. 1969. Modes of infection and spread of *Fomes annosus*. *Annual Review of Phytopathology*, 7: 247 – 266.
- Honkaniemi, J., Piri, T., Lehtonen, M., Siipilehto, J., Heikkinen, J., Ojansuu, R. 2017. Modelling the mechanisms behind the key epidemiological processes of the conifer pathogen *Heterobasidion annosum*. *Fungal Ecology*, 25: 29–40. doi:10.1016/j.funeco.2016.10.007.
- Hood, I. A., Redfern, D. B., Kile, G. A. 1991. *Armillaria* in planted hosts. – In: Shaw, C. G., Kile, G. A. (eds.) *Armillaria* root disease, Washington, D.C., United States Department of Agriculture: 122 – 149.
- Keca, N., Solheim, H. 2011. Ecology and distribution of *Armillaria* species in Norway. *Forest Pathology*, 41(2): 120–132.
- Kenigšvalde, K., Donis, J., Korhonen, K., Gaitnieks, T. 2011. *Phlebiopsis gigantea* skujkoku celmu bioloģiskajā aizsardzībā pret *Heterobasidion annosum* s.l. izraisīto sakņu trupi - literatūras apskats. *Mežzinātne*, 23(56): 25-40.
- Korhonen K., Piri T. 2003 How cultivate Norway spruce on site infested by *Heterobasidion*? *Forest health problems in older stands*, 21-29.
- Korhonen, K., Boliko, I., Hanso, S., Piri, T., Vasilauskas, A. 1992. Intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in some spruce and pine stands in Byelorussia, Lithuania and Estonia. *Forest Pathology*, 22(6-7): 384-391.

- 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., Schönar, S. 1998b. Silvicultural control. – In: *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.). Wallingford: CAB International, b, 283.-315.
- 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.
- Kurkela, T. 2000. Transmission of *Heterobasidion* root rot to planted Scots pine and Siberian larch after clear cut of infected pine forest. *Metsanduslikud uurimused*, 34: 30–34.
- Laitakarai, E. 1927. The root system of pine (*Pinus sylvestris*): a morphological investigation. *Acta Forestales Fennica*, 33: 306-380.
- Łakomy, P., Cieślak, R. 2008. Early infection of *Fagus sylvatica* by *Heterobasidion annosum sensu stricto*. *Forest pathology*, 38(5): 314.-319.
- Lauska, A. 1973. Sakņu trupes izplatība uz priedes sila un mētrāja meža tipos Latvijas PSR. *Meža aizsardzība*. 73-83.
- Lukstiņa, L.D. 2017. Celmeņu *Armillaria* spp. dzīvotspēja un patogenitāte Latvijas izcelsmes priežu *Pinus sylvestris* un egļu *Picea abies* stādos. *Bakalaura darbs*. Rīga, LU. 47 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.
- Meredith, D.S. 1960. Further observations on fungi inhabiting pine stumps. *Annals of Botany*, 24(1): 63–78.
- MK 2012. gada 2. maija noteikumi Nr. 308 “Meža atjaunošanas, meža ieaudzēšanas un plantāciju meža noteikumi (pieejams: <https://likumi.lv/doc.php?id=247349>, skatīts: 25.01.2018.).
- 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. *European Journal of 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.
- 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.
- 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. 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(4): 604-611.
- 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. 2001. Infection of advance regeneration of Norway spruce by *Heterobasidion parviporum*. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: 937.–941.
- Pratt, J. E. 2000. Effect of inoculum density and borate concentration in a stump treatment trial against *Heterobasidion annosum*. *Forest Pathology*, 30: 277–283.
- Redfern, D. B., Gregory, S. C., Macaskill, G. A. 1997. Inoculum concentration and the colonization of *Picea sitchensis* stumps by basidiospores of *Heterobasidion annosum*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12(1): 41-49.
- Redfern, D. B., Stenlid, J. 1998. Spore dispersal and infection. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Huterman, A. (eds.). *Heterobasidion annosum* – Biology, Ecology, Impact and Control. CAB International, Wallingford, 105 – 124.
- Redfern, D. B., Ward, D. 1998. The UK and Ireland. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Huterman, A. (eds.). *Heterobasidion annosum* – Biology, Ecology, Impact and Control. CAB International, Wallingford, 347 – 354.
- 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., Redfern, D.B. 1998. Spread within the tree and stand. – In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK: 125-131.
- Stivriņa, B., Kenigsvalde, K., Gaitnieks, T. 2010. Lielu dimensiju ciršanas atlieku ietekme uz *Heterobasidion* spp. infekcijas izplatību. *Mežzinātne*, 22(55): 88-102.
- Swedjemark, G., Karlsson, B. 2006. Mycelial growth and exclusion of *Heterobasidion parviporum* inoculated in branches of 15-year-old *Picea abies* clones. *Forest Pathology*, 36: 209-214.
- 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. 2005. *Heterobasidion* root rot in Norway spruce. Modelling incidence, control efficacy and economic consequences in Swedish forestry. Doctoral dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 50 pp.
- 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.
- Vasiliauskas, R., Juška, E., Vasiliauskas, A., Stenlid, J. 2002. Community of Aphyllophorales and root rot in stumps of *Picea abies* on clear-felled forest sites in Lithuania. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17(5): 398-407.
- Verdera Oy, 2018. Rotstop stump treatment recommendations. (pieejams: <http://verdera.fi/en/products/forestry/rotstop/rotstop-treatment/>; skatīts: 08.01.2018)
- Zaļuma, 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