



PĀRSKATS
PAR PĒTĪJUMA 2020. GADA REZULTĀTIEM

PĒTĪJUMA NOSAUKUMS: Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte

IZPILDĪTĀIS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

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

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

Salaspils, 2020

SATURS

SATURS	2
KOPSAVILKUMS	3
SUMMARY	4
1. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBAS NOVĒRTĒJUMS PRIEŽU AUDZĒS, <i>ARMILLARIA</i> IZPLATĪBAS DINAMIKAS PĒTĪJUMI	5
2. <i>H. ANNOSUM</i> IZPLATĪBAS SALĪDZINĀJUMS DABISKI UN MĀKSLĪGI ATJAUNOTĀS PRIEŽU JAUNAUDZĒS.....	13
3. AUGSNES APSTRĀDES IETEKMES NOVĒRTĒJUMS UZ <i>H. ANNOSUM</i> SASTOPAMĪBU	16
4. LIELĀS PERGAMENTSĒNES <i>PHLEBIOPSIS GIGANTEA</i> MICĒLIJA ATTĪSTĪBAS PĀRBAUDE TRUPĒJUŠĀ EGLES KOKSNĒ	18
5. MEŽA ATJAUNOŠANĀS UN SAKŅU MIKORIZĀCIJAS NOVĒRTĒJUMS CELMU IZSTRĀDES EKSPERIMENTA OBJEKTOS.....	24
6. LITERATŪRA	27

KOPSAVILKUMS

2016. gadā uzsākts pētījums “Sakņu trapes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte”, lai analizētu faktoros, kas ietekmē sakņu trupi izraisīto sēņu attīstību un izplatību. Iegūtās zināšanas ir svarīgas, lai izstrādātu rekomendācijas trapes izplatības ierobežošanai intensīvas mežsaimniecības apstākļos.

2020. gadā analizēta *Heterobasidion* spp. sastopamība pieaugušās parastās priedes audzēs un jaunaudzēs; darba gaitā atlasītas un apsekotas 12 pieaugušās parastās priedes audzes un 10 jaunaudzēs (līdz 20 gadu vecumam). Konstatēts, ka sakņu piepes infekcija biežāk sastopama parastās priedes jaunaudzēs (37 %), salīdzinot ar pieaugušām audzēm (25 %); attiecīgi kopā apsekotas un analizētas iekļautas 128 un 143 audzes. Iegūti dati liecina, ka priežu sakņu piepe *Heterobasidion annosum* priedes audzēs ir biežāk konstatētais sakņu trupi izraisošais patogēns. Preventīvi galvenās cirtes laikā priedes audzēs celmus rekomendējams apstrādāt ar celmu aizsardzības līdzekļiem. Pētījumā, kurā analizēta patogēna dzīvotspēja trupējušos egles sakņu fragmentos, noskaidrots, ka trīs gadus pēc pētījuma uzsākšanas dzīvotspējīgs *Heterobasidion* micēlijs saglabājas 12 % analizēto egles sakņu fragmentu.

Lai novērtētu lielās pergamentsēnes *Phlebiopsis gigantea* micēlija attīstību trupējušā egles koksnē, ierīkoti divi parauglaukumi – iegūtie dati liecina, ka arī stipri trupējušos celmos *P. gigantea* sekmīgi kolonizē veselo koksni, samazinot *Heterobasidion* biomasas akumulāciju, tādējādi ierobežojot auglķermeņu veidošanas potenciālu trupējušā koksnē.

Pārskata periodā sagatavota divas publikācijas:

Brūna L., Kļaviņa D., Zaļuma A., Kenigshalde K., Burņeviča N., Nikolajeva V., Gaitnieks T., Piri T. (2020). Efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* conidiospore and basidiospore infection in spruce wood. IForest. <https://doi.org/10.3832/ifor3279-013>.

Gaitnieks T. *et al.* 2020. Natural infection and colonization of pre-commercially cut stumps of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* by *Heterobasidion* rot and its biocontrol fungus *Phlebiopsis gigantea*. *Biological control*, 143, 7pp. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104208>

SUMMARY

The project “Investigation of the factors limiting the spread of root rot” started in 2016 to analyze factors affecting distribution and development of root rot fungi. The knowledge gained within this project needed to prepare recommendations for limiting the spread of root rot in intensive forestry.

Occurrence of *Heterobasidion* root rot and related losses in young and mature pine stands investigated: 12 mature and 10 young pine stands (up to 20 years old) were selected and surveyed. In total from investigated stands (143 young stands and 12 mature stands), *Heterobasidion* root rot were found more frequently in young pine stands compared to mature stands (37 % and 25 %, respectively). Our results shows, that after final cutting in pine stands biological or chemical control agents could be used. Our results shows, that after three years in 12% of analysed small dimension spruce roots *Heterobasidion* spp. were present, and no one seedling were infected.

In order to evaluate the development of *Phlebiopsis gigantea* mycelium in decayed spruce stumps, two sample plots were established. The obtained data show that *P. gigantea* colonizes the sound wood of infected stumps. the treatment of heavily infected spruce stumps with Rotstop could reduce the accumulation of *Heterobasidion* biomass, thus limit the development of *Heterobasidion* fruit bodies.

During the reporting period, two publication were prepared basing on the obtained data.

Brūna L., Kļaviņa D., Zaļuma A., Kenigsvalde K., Burņeviča N., Nikolajeva V., Gaitnieks T., Piri T. (2020). Efficacy of *Phlebiopsis gigantea* against *Heterobasidion* conidiospore and basidiospore infection in spruce wood. IForest. <https://doi.org/10.3832/ifor3279-013> .

Gaitnieks T. *et al.* 2020. Natural infection and colonization of pre-commercially cut stumps of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* by *Heterobasidion* rot and its biocontrol fungus *Phlebiopsis gigantea*. *Biological control*, 143, 7pp. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104208>

1. SAKŅU TRUPES IZPLATĪBAS NOVĒRTĒJUMS PRIEŽU AUDZĒS, *ARMILLARIA* IZPLATĪBAS DINAMIKAS PĒTĪJUMI

H. annosum micēlijs labāk attīstās kodolkoksne. Ja kodolkoksne ir sveķaina, kā tas ir priedēm, tad patogēns attīstās saknēs un stumbra sakņu kakla rajonā (Korhonen, Stenlid 1998). Tādēļ metodika, lai noteiktu, vai priede ir inficējusies ar sakņu piepi, ir komplicēta. Nereti uz priedes celma nav iespējams novērtēt trupes radīto iekrāsojumu, ja vien tas jau nav stipri sadalījies. Slovēnijā veiktos pētījumos konstatēts, ka 4 gadu laikā sanitārajās cirtēs *Heterobasidion* spp. (68 %) un *Armillaria* spp. (29 %) bija visbiežāk sastopamie sakņu trupi izraisošie patogēni. Patogēnu identifikācijai izmantoti augļķermeņi (Brglez, Ogris, 2019). Jāatzīmē, ka literatūrā minēts, ka priedes var nokalst pat vienas sezonas laikā (Greig, 1998). Kurkela T. (2002) atzīmē, ka 70-80 gadīgās priedes audzēs vainaga stāvokli var izmantot, kā rādītāju inficētības noteikšanai ($p < 0,01$). Turklāt, autors iesaka vainaga stāvokli (zaļas skujuas, dzeltējošas skujuas, kaluši koki) izmantot arī praktiskajā mežsaimniecībā, kā rādītāju sakņu trupes sastopamībai. Ņemot vērā problemātisko datu iegūšanas metodiku, Latvijā veiktie pētījumi par sakņu piepes sastopamību pieaugušās priežu audzēs ir ļoti fragmentāri. Lai analizētu sakņu piepes sastopamību priežu audzēs, tām sasniedzot ciršanas vecumu, kā arī prognozētu inficēto koku daudzumu nākošajā koku paaudzē, bija nepieciešams izveidot metodiku audžu novērtēšanai. Primāri izvērtēja koku vainaga stāvokli un lauču sastopamību priedes audzēs. Tā kā iepriekš veiktos pētījumos Klinškalnu priedes audzēs noskaidrots, ka 50% no kokiem, kas ir inficēti ar sakņu piepi konstatējami sakņu piepes augļķermeņi, tad kā galvenais kritērijs, lai noteiktu *Heterobasidion* klātbūtni bija augļķermeņu sastopamība uz sakņu kakla un saknēm. Izvēlētā metodika 2016. gadā saskaņota ar Dr. Rimvydas Vasaitis (pētnieks Zviedrijas lauksaimniecības universitāte), ja augļķermeņi nebija sastopami, tad analizētajās audzēs ievāca koksnes paraugus.

1.1.1. Metodika

Lauka darba metodika

Sakņu piepes un celmenes sastopamība

2020. gadā papildus ievākti dati 12 audzēs. Pavisam kopš 2016. gada apsektas 128 audzes (mētrāja, lāna, damakšņa, šaurlapju āreņa, šaurlapju kūdreņa) un divas

audzes platlapju kūdreņa un purvāja meža tipā, kur infekcija netika konstatēta, bet paaugstināta gruntsūdeņa līmeņa un nelielās paraugkopas dēļ audzes datu analīzē netika iekļautas. Pieaugušās un cirtmetu sasniegušās priežu audzes apsekotas, izmantojot transektu metodi. Uzskaitīti visi kalstošie koki, simptomātiskie koki, novērtēta augļķermeņu sastopamība pie sakņu kakla vai uz saknēm. Ja audzē infekcijas centros (“trupes ligzdās”) konstatētas izveidojušās lauces – to perimetru parasti raksturo simptomātiski koki vai inficētu koku biogrupas – tad papildus veikta lauču laukuma uzmērīšana izmantojot tālmēru Vertex IV un busoli. Ja nelielā platībā konstatēta kaltsušo koku biogrupa, bet *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. augļķermeņi vai rizomorfas netika konstatētas, tad ar Preslera svārpstu no katras biogrupas paņēma koksnes paraugu, ieurbjot pie sakņu kakla.

Katrs koksnes paraugs laboratorijā sadalīts divās daļās, sterilizēts liesmā un ievietots Petri traukā ar iesala - agara barotni (sastāvs: iesala ekstrakts - 15 g, agars – 12 g, ūdens - 1000 ml). Petri trauks inkubēts istabas temperatūrā. Koksnes paraugi pārbaudīti 5., 10. un 15. inkubācijas dienā, izmantojot stereomikroskopu, lai novērtētu *Heterobasidion* sastopamību.

Sakņu piepes dinamikas pētījumi

Kalsnavas mežu novadā 2016. gadā 210. kv. 15 ha platībā ierīkots ilgtermiņa eksperiments, lai analizētu *Heterobasidion* infekcijas attīstības dinamiku pēc mežaudzes nociršanas un atjaunošanas. Minētajā platībā, izmantojot GPS, infekcijas centros noteikts lauču viduspunkts, tā vietā nofiksēts metāla stienis. Laucēm noteikts rādiuss, izveidojot lauces aprises. Izmantojot iegūtās GPS koordinātas (koordinātu sistēma WGS 84) un rādījumus, izveidota parauglaukuma shēma. Pēc mežaudzes nociršanas infekcijas centros paņemti koksnes paraugi - ripas. Ievāktās ripas nomizoja un nomazgāja, ievietoja polietilēna maisos, atstājot maisu galus vaļā, lai nodrošinātu tajos gaisa cirkulāciju. Maisus ar ripām stāvēs ievietoja kastēs un inkubēja 5 - 7 dienas istabas temperatūrā. Pēc inkubācijas uz katras ripas piestiprināja plastmasas režģi ar rūtiņu izmēru 0,7 cm x 0,7 cm un ar flomāsteri atzīmēja rūtiņas, kurās konstatēja sakņu piepes konīdijnesējus. Atrodot sakņu piepes konīdijnesējus (atsevišķus vai grupās), tos uzsēja uz iesala agara barotnes. Iegūtās tīrkultūras pārsētas uz jaunu iesala-agara barotni.

Heterobasidion spp. sugu noteikšanai izmantota molekulārā metode: DNS izdalīšana no sēnes tīrkultūras un polimerāzes ķēdes reakcija (Arhipova *et al.* 2011). *Heterobasidion* spp. noteikts, izmantojot LVMI Ģenētisko resursu centra aprīkojumu

un materiālus un Somijas Dabas Resursu Institutā (LUKE) izstrādātos praimerus (1.1. tabula),

1.1. tabula. Izmantoto praimeru raksturojums.

Nr.p.k	Praimeris	Sekvence (5'...3')	Piezīmes
1.	MJ-F	GGTCCTGTCTGGCTTTGC	Hantula J., Vainio E. 2003. Specific primers for the differentiation of <i>Heterobasidion annosum</i> (s.str.) and <i>H. parviporum</i> infected stumps in northern Europe.- <i>Silva Fennica</i> 37(2): 181–187.
2.	MJ-R	CTGAAGCACACCTTGCCA	
3.	KJ-F	CCATTAACGGAACCGACGTG	
4.	KJ-R	GTGCGGCTCATTCTACGCTATC	

2020. gadā minētajā platībā apsekota ierīkotā jaunaudzē.

Celmenes dinamikas pētījumi

Analizējot kopējos datus, *Armillaria* spp. konstatēja 10 % analizēto pieaugušo audžu, lielākoties atrastas rizomorfas uz atmirušiem kokiem, tomēr inficētie koki bija izvietoti izklaidus un lauces netika konstatētas. Līdz ar to veikt dinamikas pētījumus pieaugušās audzēs nebija iespējams. Arī, literatūrā norādīts, ka *Armillaria* spp. ir plaši sastopama, bet kā sekundārais patogēns pieaugušās skuju koku audzēs. Turpretī jaunaudzēs, kuru vecums nepārsniedz 20 gadu vecumu celmene var izraisīt koku bojāeju (Kile et al. 1991). Jaunākie pētījumi liecina, ka klimata pārmaiņu ietekmē *Armillaria* spp. sastopamība skuju koku mežos varētu palielināties, kas saistīta ar labvēlīgākiem apstākļiem sēnes attīstībai (augstāka gaisa temperatūra, ektomikorizu veidojošo sēņu sabiedrību bojāeja utt.) (Kubiak et al., 2017).

Lai novērtētu *Armillaria* spp. ietekmi un attīstības dinamiku divos objektos (priedes jaunaudzēs) Akmensraga iecirknī un Ābeļu iecirknī kopā ierīkoti pieci ilgtermiņa parauglaukumi (1.2. tabula).

1.2. tabula. Ierīkoto parauglaukumu raksturojums.

Apzīmējums	Koordinātas	Meža tips	Audzēs sastāvs	Koku sk., gab.	Kaltušo koku sk., gab. 2018 gadā	Kaltušo koku sk., gab. 2019. gadā	Kaltušo koku sk., gab. 2020. gadā	Celmu sk., gab.
Cīrava 1	294757; 334573	Ln	10P	74	7	7	7	9
Cīrava 2	294300; 334615	Dm	10P	81	9	10	11	6
Cīrava 3*	294673; 334580	Ln	10P	133	8	11	11	12
Ābeļu 1**	614679; 274006	Ln	10P	145	14	15	-	4
Ābeļu 2**	614644; 274055	Ln	10P	119	15	15	-	6

* kopējais parauglaukuma lielums 500 m².

**paraugi nav ievākti.

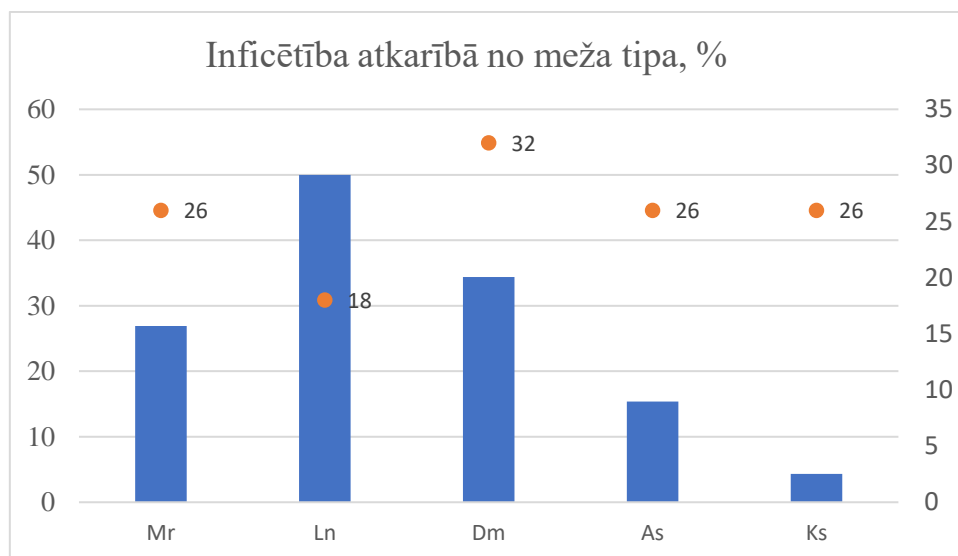
1.1.2. Rezultāti

Sakņu piepes un celmenes sastopamība

Sakņu piepe konstatēta 32 audzēs (25 % no visām analizētajām priedes audzēm). Iegūtie dati liecina, ka visbiežāk infekcija sastopama audzēs, kas vecākas par 100 gadiem (n=46), tomēr atšķirības, salīdzinot ar 80-89 gadu vecām audzēm (n=36) un 90-99 gadus vecām audzēm (n=46) nebija būtiskas (p>0.05). Lielbritānijā, secināts, ka priežu bojāejas intensitāte nav atkarīga no koka vecuma (Redfern and Ward, 1998). Tomēr mūsu iegūtie dati norāda, ka, audzēm, kļūstot vecākām, palielinās infekcijas risks, un arī šādas priežu audzes būtiski veicina *Heterobasidion* izplatību, akumulējot patogēna micēliju ne tikai celmos, bet arī augošu koku saknēs.

Pētījumā *Heterobasidion* spp. infekcija visbiežāk konstatēta vidēji auglīgajos sausieņu meža tipos: lānā un damaksnī (1.1. attēls), salīdzinot ar šaurlapju kūdrēni un āreni atšķirības ir būtiskas (p<0.004). Iegūtie dati apstiprina B. Stivriņas u.c. (2010) iegūtos rezultātus egļu audzēs - pētījumā konstatēts, ka *Heterobasidion* auglīķermeņu attīstībai piemērotāki ir auglīgie sausieņu meža tipi. Literatūrā norādīts (Redfern, 1998), ka kūdras augsnēs *H. annosum* parasti attīstās salīdzinoši vāji, ko nosaka kūdras zemais pH un pret *H. annosum* antagonistiskā mikroflora. Patogēna attīstību, protams,

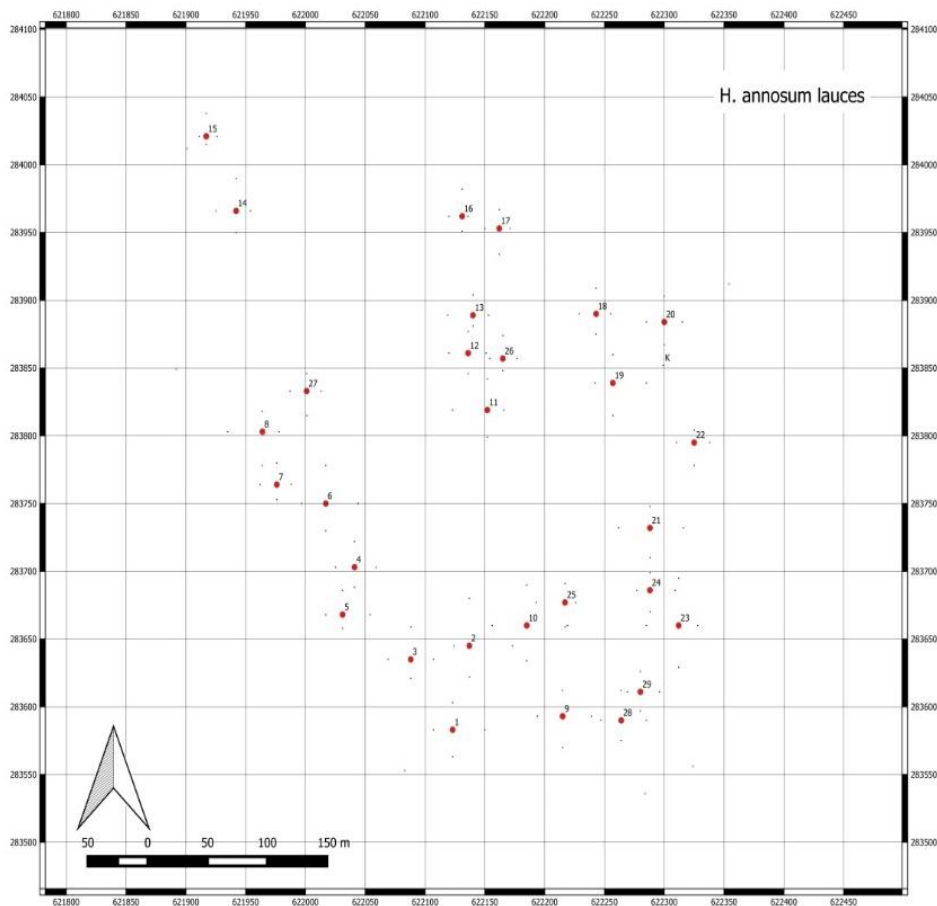
var ietekmēt arī citi faktori, piemēram, gruntsūdens līmenis, jo, kā norāda D.B. Redfern (1998), kūdras substrātā sēne strauji attīstās, bet tajā pašā laikā nespēj ilgstoši saglabāt dzīvotspēju.



1.1.attēls. Priedes audžu inficētība ar *Heterobasidion* atkarībā no meža tipa, % sekundārā ass un oranžie punkti norāda apsekoto audžu skaitu.

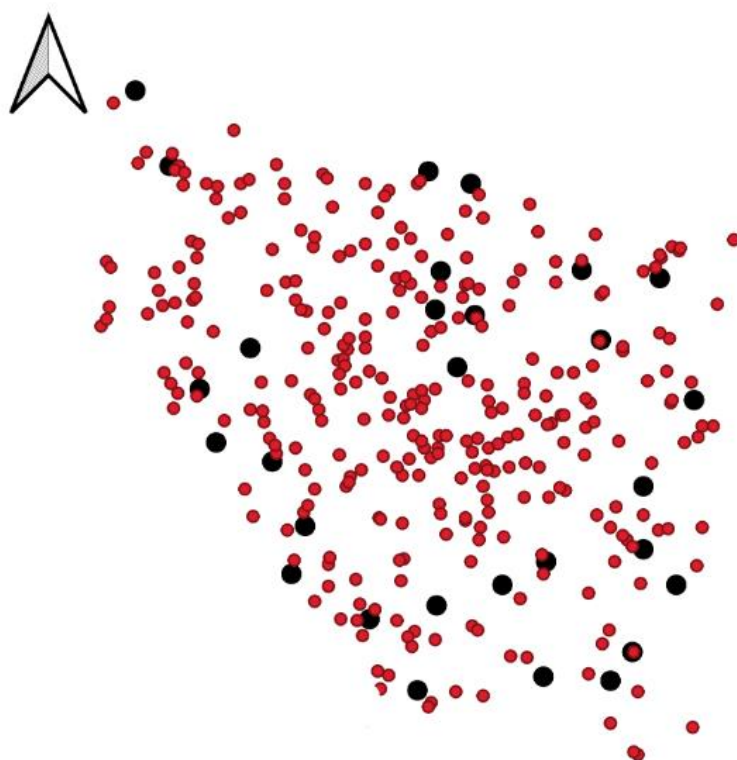
Sakņu piepes dinamikas pētījumi

Kalsnavā apsekotajā 104 gadus vecajā priedes audzē 2016. gadā atzīmētas 29 lauces (1.2. attēls).



1.2. attēls. Kalsnavas mežu novada 210. kv. 2., 4., 6. nog. konstatēto lauču sastopamība 2016. gadā.

Pavisam konstatētas 82 kaltušas priedes, 68 kaltuši kadiķi, 26 kaltušas egles un 8 bērzi. No tiem augļķermeņi atrasti 15 inficētām priedēm, 19 kadiķiem, 6 eglēm un 2 bērziem. Parauglaukumā atzīmētas arī simptomātiskās priedes - tādas, kuru vainaga stāvokļa vitalitāte raksturota kā pazemināta, kopā 82 koki. Vidēji viena lauce (no 29 uzskaitītajām) aizņēma 1083 m² (lauču rādiuss variēja no 9 līdz 30 m), bet visas lauces kopā aizņēma 31 421 m² jeb 21 % no apsekotās teritorijas (*Heterobasidion* spp. konstatēts 26 laucēs - 28 829 m² (19,2 % no 15 ha)). Literatūrā minēts, ka patogēns (viens genotips) var kolonizēt teritoriju līdz 50 m diametrā (Stenlid, Redfern, 1998). Šajā audzē izdalītie patogēni raksturojami kā īpaši augsti virulenti.



1.3. attēls. Kalsnavas mežu novada 210. kv. 2., 4., 6. nog. infekcijas centru izvietojums (melnie simboli) un 2020. gadā konstatētie kaltošie koki (sarkanie simboli).

2020. gadā kaltošo koku skaits audzē sasniedza 318 (1.3. attēls), tomēr tikai 15 vietās atrasts vairāk nekā 1 nokaltis koks, pārējie izvietoti izklaidus. Turpinot pētījumu pēc pētījumu programmas noslēguma, 2021. gadā no kaltošo koku biogrupām paredzēts ievākt koksnes paraugus, lai izmantojot somatiskās saderības testu, noskaidrotu stādīto, kaltošo kociņu infekcijas avotu.

Celmenes dinamikas pētījumi

Visos priedes stādījumos konstatēts, ka koku pastiprinātu kalšanu izraisa tumšā celmene (*Amillaria solidipes*). Audzēs īpaši intensīva priežu bojāeja novērota līdz 10 gadu vecumam, nokaltošo koku skaits Cīravā apsekotajos objektos sasniedza 227 kokus uz hektāru. Pieņemot, ka iestādīti 3000 stādi, tas ir gandrīz 8% no sākotnēji iestādīto stādu skaita. Tomēr, audzēm kļūstot vecākām, patogēna ietekme uz audžu

vitalitāti samazinās, līdz ar to pārskata periodā konstatēts neliels bojāgājušo koku skaits (1.2.tabula).

1.1.3. Secinājumi

1. Sakņu piepe būtiski biežāk sastopama auglīgās minerālaugsnes augošās priedes audzēs, turklāt audzēm paliekot vecākām, palielinās infekcijas risks.
2. Lai gan lielākoties sakņu piepes infekcija skar tikai atsevišķus kokus, tomēr konstatētas audzes, kur vairāk nekā 20 % platības sastopamas Heterobasidion infekcijas pazīmes.
3. Intensīvu kalšanu priedes jaunaudzēs līdz 10 gadu vecumam var izraisīt tumšā celmene *A. solidipes*; palielinoties audžu vecumam, patogēna ietekme uz audžu vitalitāti samazinās un pieaugušās audzēs *Armillaria* spp. raksturojama kā sekundārs patogēns vai saprofīts.

2. H. ANNOSUM IZPLATĪBAS SALĪDZINĀJUMS DABISKI UN MĀKSLĪGI ATJAUNOTĀS PRIEŽU JAUNAUDZĒS

Lai prognozētu *Heterobasidion* spp. ietekmi uz jaunaudzju ilgtermiņa attīstību un to produktivitāti un kvalitāti, nepieciešams noskaidrot patogēna izplatību priežu jaunaudzēs Latvijā.

2.1.1. Materiāls un metodes

2020. gadā atlasītas 10 parastās priedes jaunaudzes un kopā 2016.- 2020. gadā randomizēti atlasītas un apsektas 89 parastās priedes jaunaudzes sausieņu mežos (ar kopējo platība 107 ha). Audžu atlasē kritēriji: jaunaudzes sastāvs – 10P, sausieņu mežos, kopšana nav veikta pēdējo 5 gadu laikā. Papildus analīzēs iekļautas 54 audzes, kas apsektas pirms projekta uzsākšanas, bet atbilst iepriekšminētajiem audžu atlasē kritērijiem.

2.1.2. Rezultāti

Infekcija konstatēta 37% analizēto audžu – pētījumā noskaidrots, ka priedes jaunaudzes inficējusi priežu sakņu piepe *H. annosum*. LVMI Silava veiktos pētījumos ir pierādīts, ka arī mazu dimensiju skuju koku celmi ir uzņēmīgi pret sakņu piepes bazīdijsporu infekciju. Iegūtie dati liecina, ka, veicot sastāva kopšanu, vairāk nekā 10 % no analizētajiem, svaigi zāgētajiem priedes celmiem var inficēties ar sakņu piepes bazīdijsporām, bet, ja to diametrs ir mazāks par 5 cm, tad inficētība nepārsniedz 5% (Gaitnieks *et al.*, 2018). Ņemot vērā, ka iepriekš veiktajos pētījumos noskaidrots, ka mazu dimensiju (2-12 cm)priedes celmus ļoti bieži (>70 %) kolonizē pret sakņu piepi antagonistiskā lielā pergamentsēne(kopā analizēti 1158 celmi), kas samazina inficēšanos ar sakņu piepi(Gaitnieks *et al.*, 2020), jāsecina, ka lielākais infekcijas risks saistīts ar iepriekšējās paaudzes celmiem(šāda veida pētījumi pieaugušas priežu audzēs nav veikti).

Pētījumā atlasītas audzes, kur varbūtība inficēties ar bazīdijsporām ir ļoti zema (kopšana nav veikta vai nav veikta vismaz pēdējo piecu gadu laikā, tādā veidā samazinot celmu dimensijas un potenciālo iespējamību mazo dimesiju celmiem inficēties), lai noteiktu jaunaudzēs sākotnējo infekcijas līmeni ("izejas punktu"). Tāpēc apsekotajās jaunaudzēs sakņu piepes infekcijas avots visticamāk bija trupējušie celmi, kuriem ir būtiska nozīme sekundārās infekcijas attīstībā. Iepriekšējās paaudzes celmi nodrošina jaunu infekcijas centru veidošanos. Kā liecina mūsu pētījumi (Zaluma *et al.* 2019; 2018. gada pārskats), viens iepriekšējās paaudzes genotips jaunajā paaudzē 30 gadu laikā var izraisīt vairāk nekā 55 koku nokalšanu Klinškalnu priedes audzēs, bet vidēji inficē 9 kokus. Apsekojot priežu jaunaudzes 2017. gadā 6 gadus vecā audzē, kura aizņēma 2,1 ha, konstatēts 41 ar *Heterobasidion* spp. inficēts koks, un jau bija izveidojušās inficēto koku biogrupas. Iepriekš veiktie pētījumi norāda, ka parasti koku kalšana novērojama tikai 7 gadus pēc audzes atjaunošanas (Vasiliauskas 1989). Mūsu iegūtie dati liecina, ka iepriekšminētajā 6 gadus vecajā audzē ir īpaši labvēlīgi apstākļi patogēna attīstībai vai izplatīties īpaši agresīvs sakņu piepes genotips. Ņemot vērā audzes vecumu un augsto inficētību, šajā audzē ierīkots ilgtermiņa parauglaukums, lai analizētu infekcijas attīstības dinamiku.

Cītu autoru pētījumos noskaidrots, ka dabiski atjaunojušās egles audzēs sakņu piepe sastopama retāk nekā mākslīgi atjaunotās (Korhonen *et al.* 1998; Korhonen, Piri 2003). Mūsu veiktajos pētījumos līdz 2017. gadam kopā apsektas 69 parastās priedes jaunaudzes: 39 mākslīgi atjaunotas un 30 dabiski atjaunotas audzes. Arī mūsu iegūtie dati apstiprina, ka dabiski atjaunotās parastās priedes jaunaudzēs sakņu piepe ir sastopama retāk - 27 % analizēto audžu. Mākslīgi atjaunotās audzēs sakņu piepe ir konstatēta būtiski ($p < 0.001$) biežāk 74 %. *Heterobasidion* spp. izplatība mākslīgi atjaunotās audzēs skaidrojama ar biežākiem sakņu kontaktiem vai arī ar to, ka stādīšana veikta tuvu ar sakņu piepi inficētiem celmiem, turklāt dabīgi atjaunotiem kokiem sēklu avots ir lokāls, kas jau piemērojies šiem apstākļiem, dzīvi palikuši koki varētu būt raksturojami ar augstāku rezistenci pret sakņu piepi. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka meklējami risinājumi, kā inficēšanās riskus samazināt, lai nodrošinātu sekmīgu stādīto jaunaudžu attīstību, nodrošinot selekcijas efekta pārnesei ražošanā. Pētījumā netika konstatēta būtiska analizēto meža tipu (Mr, Ln, Dm) ietekme uz jaunaudžu inficētību. Nekonstatēja arī būtisku korelāciju starp inficēto koku skaitu uz ha un audzes vecumu. Jāatzīmē, ka infekcijas izplatību var ietekmēt dažādi faktori - inficēto iepriekšējās

paaudzes celmu daudzums, antagonistisko sēņu sastopamība utt., kuru variācija ir ļoti liela.

2.1.3. Secinājumi

1. Infekcijas sastopamību priedes audzēs būtiski ietekmē audzes izcelsmes veids un inficēto iepriekšējās paaudzes celmu skaits un lokalizācija. Nav konstatētas būtiskas atšķirības dažāda vecuma jaunaudzēs.
2. Koku kalšanu apsekotajās priedes jaunaudzēs izraisa priežu sakņu piepe *Heterobasidion annosum*, kas spēj inficēt gan parasto priedi, gan egli. Līdz ar to pat piemērotos meža tipos priedes aizstāšana ar egli stipri inficētās platībās nedod vēlamo rezultātu un skuju koku vietā jāstāda lapu koki.

3. AUGSNES APSTRĀDES IETEKMES NOVĒRTĒJUMS UZ H. ANNOSUM SASTOPAMĪBU

Efektīva un ilgtspējīga mežsaimniecība ietver dažādus aspektus, tajā skaitā audzes veselību un ražības palielināšanu, kas ir īpaši svarīgi vietās ar augstu *Heterobasidion* sastopamību. Platībās, kur iepriekš bijusi *Heterobasidion* infekcija, stādiem ir lielāks risks inficēties ar sakņu piepi, pat pēc inficēto celmu izstrādes, tādēļ ir svarīgi analizēt skuju koku stādu infekcijas riskus. Šādas zināšanas ir nozīmīgas arī saistībā ar celmu izstrādē izmantoto tehnoloģiju, jo augsnē pēc celmu izvākšanas saglabājas trupējušu sakņu fragmenti. Tāpēc ir svarīgi noskaidrot – cik ilgā laikā un no kādu dimensiju celmu sakņu fragmentiem stādi var inficēties ar sakņu piepi; kā arī – cik ilgi *Heterobasidion* micēlijs saglabājas trupējušu celmu sakņu fragmentos, kas paliek augsnē pēc tās sagatavošanas stādīšanai. Somijā veikts pētījums, lai novērtētu *Heterobasidion* izplatību egles audzēs pēc celmu raušanas. Minētajā pētījumā analizēta *Heterobasidion* saglabāšanās augsnē ieraktos sakņu fragmentos un spēja inficēt egles stādus (Piri, Hamberg 2015). Šis pētījums veikts egles audzēs uz minerālaugsnēm. Tomēr Latvijā vairāk nekā 70 tūkstoši hektāru egles audžu ir uz nosusinātām kūdras augsnēm (Brūna u.c. 2019), tādēļ svarīgi izvērtēt sakņu piepes sekundāro izplatību caur sakņu kontaktiem ne tikai minerāl-, bet arī kūdras augsnēs.

3.1. Metodika

2017. gadā ierīkots eksperiments, blakus pavasarī stādītiem egles un priedes stādiem ierokot dažādu dimensiju trupējušus, ar *Heterobasidion* spp. inficētus egles sakņu fragmentus. Pētījuma mērķis ir novērtēt *Heterobasidion* micēlija dzīvotspēju trupējušos egles sakņu fragmentos un sakņu piepes spēju inficēt skuju koku saknes kūdras augsnēs. Eksperiments ierīkots 12 parauglaukumos (6 priedes un 6 egles parauglaukumi). Katrā parauglaukumā pie stādiem ~10 cm attālumā ierakti ar *Heterobasidion* inficēti 50-300 cm³ tilpuma egles sakņu fragmenti. Detalizēta eksperimenta ierīkošanas gaita aprakstīta šī pētījuma 2. etapa pārskatā.

Katru gadu veikta parauglaukumu apsekošana. Tajos uzskaitīti nokaltušie egles un priedes stādi, kas kopā ar blakus iestrādātajiem sakņu fragmentiem ievākti tālākai analīzei. Laboratorijas apstākļos novērtēta *Heterobasidion* sastopamība sakņu

fragmentos, kā arī, vai sakņu piepe inficējusi stādus un izraisījusi to bojāeju. Trupējušo sakņu fragmentu ievākšanas un apstrādes metodika plašāk aprakstīta pētījuma 3. etapa pārskatā, savukārt stādu inficētības pārbaudes metodika – 4. etapa pārskatā.

3.2. Rezultāti

2020. gadā ievākti 17 nokaltuši skuju koku stādi: 6 egles un 11 priedes stādi. Kopā ar nokaltušajiem stādiem tālākai apstrādei laboratorijā ievākti 33 trupējušu egles sakņu fragmenti, kas eksperimenta ierīkošanas laikā iestrādāti pie izvēlētajiem skuju koku stādiem. Pavisam ievākti četri 50 cm³, divpadsmit 100 cm³, desmit 200 cm³ un septiņi 300 cm³ lieli sakņu fragmenti. Rezultātā *Heterobasidion* izdalīts no četriem sakņu fragmentiem: diviem 200 cm³ un diviem 300 cm³ lieliem. Visi iegūtie sakņu piepes izolāti salīdzināti ar sākotnēji izdalītajām kultūrām (paraugiem, kas ievākti eksperimenta ierīkošanas laikā). Rezultāti parāda, ka attiecīgie izolāti atbilst references kultūrām. Tas savukārt ļauj secināt, ka 200 un 300 cm³ lielos sakņu fragmentos sakņu piepes micēlijs spēj saglabāties vismaz trīs gadus, turklāt, jāatzīmē, ka eksperimentā izmantotie sakņu fragmenti, ievākti no kaltušām eglēm, tādēļ tie jau sākotnēji bija stipri sadalījušies. Domājams, ka sakņu fragmentos, kas ievākti no augošām, ar *Heterobasidion* inficētām eglēm, dzīvotspējīgs sēnes micēlijs varētu saglabāties ilgāk.

Papildus 12 nokaltušajiem stādiem paņemti koksnes paraugi pie sakņu kakla, lai novērtētu, vai stādi inficēti ar *Heterobasidion*. Nokaltušajos stādos sakņu piepe netika konstatēta. Kā noskaidrots T. Piri un L. Hamberg (2015) pētījumā, kas veikts pēc līdzīgas metodikas kā mūsu pētījums, pirmie skuju koku stādi inficējas 4,5 gadus pēc audzes atjaunošanas. Mūsu pētījums uzsākts 2017. gadā (pirms trīs gadiem). Līdz šim nav konstatēti stādi, kuru bojāejas cēlonis ir sakņu piepes infekcija, šie dati apstiprina Somijā veiktajā pētījumā iegūtos rezultātus. Tādēļ pētījums ir turpināms, lai noteiktu, cik ilgi sakņu piepes micēlijs saglabājas maza izmēra sakņu fragmentos kūdras augsnē, un pēc cik ilga laika, un vai vispār, no šādiem sakņu fragmentiem inficējas blakus augošie skuju koku stādi.

3.3. Secinājumi

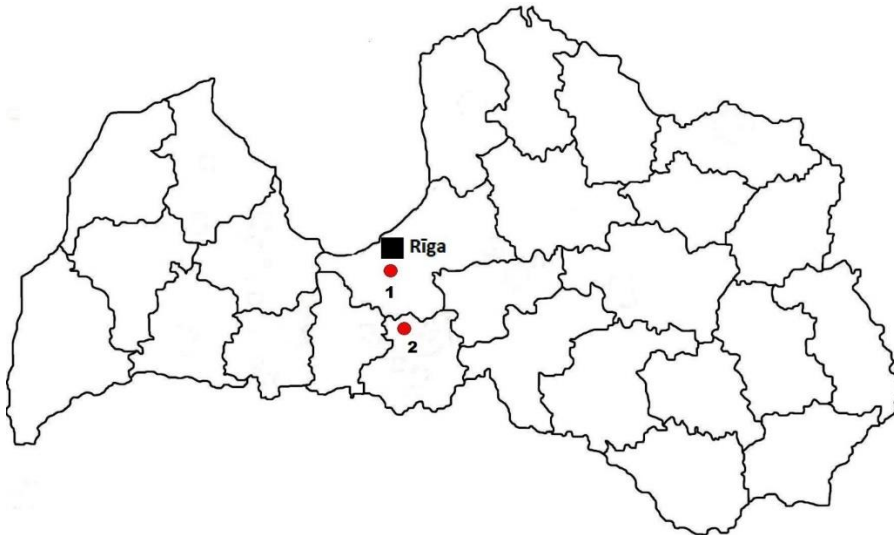
Dzīvotspējīgs sakņu piepes micēlijs saglabājas egles sakņu fragmentos vismaz trīs gadus, saglabājot risku ar to inficēties jaunās ģenerācijas kokiem. Lielākos sakņu fragmentos ir augstāks micēlija saglabāšanās potenciāls.

4. LIELĀS PERGAMENTSĒNES *PHLEBIOPSIS GIGANTEA* MICĒLIJA ATTĪSTĪBAS PĀRBAUDE TRUPĒJUŠĀ EGLES KOKSNĒ

Lielās pergamentsēnes *P. gigantea* sporu suspensijas preparātus, ieskaitot Rotstop®, izmanto vairākās valstīs (Gonthier and Thor, 2013), bet joprojām nav skaidra to efektivitāte jau trupējušā egles koksnē. Zviedrijā veiktā pētījumā (Pettersson et al., 2003) celmu apstrāde ar Rotstop® būtiski neietekmēja *H. parviporum* sastopamību mākslīgi inficētos celmos, tomēr ar sakņu piepi inficēto sakņu skaits apstrādātajiem celmiem bija mazāks nekā neapstrādātajiem. LVMI Silava 2017. – 2018. gadā uzsākts pētījums, lai noskaidrotu *P. gigantea* micēlija attīstību trupējušā egles koksnē. Arī mūsu iegūtie rezultāti apstiprināja Pettersson et al. (2003) secinājumus, ka celmu apstrāde ar Rotstop® būtiski neietekmē *H. parviporum* sastopamību trupējušos celmos. Tomēr, tā kā augsnes sagatavošanas dēļ ierīkotajā parauglaukumā daļu no celmiem nebija iespējams atrast, eksperiments atkārtots, lai pārbaudītu gan 2017. -2018. gadā iegūtos eksperimenta rezultātus, gan, lai ierīkotu ilgtermiņa parauglaukumus, kuros pēc 3-5 gadiem varētu novērtēt *P. gigantea* attīstību trupējušo celmu saknēs.

4.1.1. Materiāls un metodika

Lai novērtētu lielās pergamentsēnes micēlija attīstību trupējušā egles koksnē, 2019. gada aprīlī - maijā ierīkoti divi parauglaukumi: Rīgas mežu aģentūras Tīreļu mežniecības Olaines iecirknī (koordinātas.: 56.816783, 24.134688; “Ķekava”) un AS Latvijas valsts meži Vidusdaugavas reģiona Vecumnieku iecirknī (koordinātas.: 56.690497, 24.505573; “Iecava”) (1. attēls).



1. attēls. Parauglaukumu izvietojums.

1. – parauglaukums “Ķekava”
2. – parauglaukums “Iecava”.

Katrā parauglaukumā izvēlēti 90 celmi (30 celmi bez trapes pazīmēm, 30 trupējuši celmi (novērota koksnes krāsas maiņa, koksne sāk zaudēt savu struktūru, bet vēl nav mīksta) un 30 stipri trupējuši celmi (koksne pilnīgi zaudējusi savu struktūru, ir mīksta, dažos celmos ir izveidojies dobums) (2. attēls)). 2019. gada aprīļa beigās – maijā katram izvēlētajam celmam nozāģētas 1-2 ripas (5-8 cm biezas) atkarībā no celma augstuma, un katra celma virsma apstrādāta ar “Rotstop” suspensiju (pagatavoto pēc ražotāja rekomendācijas). Visiem celmiem ar lineālu izmērīts diametrs bez mizas divos virzienos, kā arī trupējušās daļas diametrs. Visi celmi numurēti, izmantojot plastikāta zīmītes, nozāģētās ripas numurētas un nogādātas laboratorijā trupi izraisīto sēņu noteikšanai.



a. Celms bez trapes pazīmēm



b. Trupējis celms



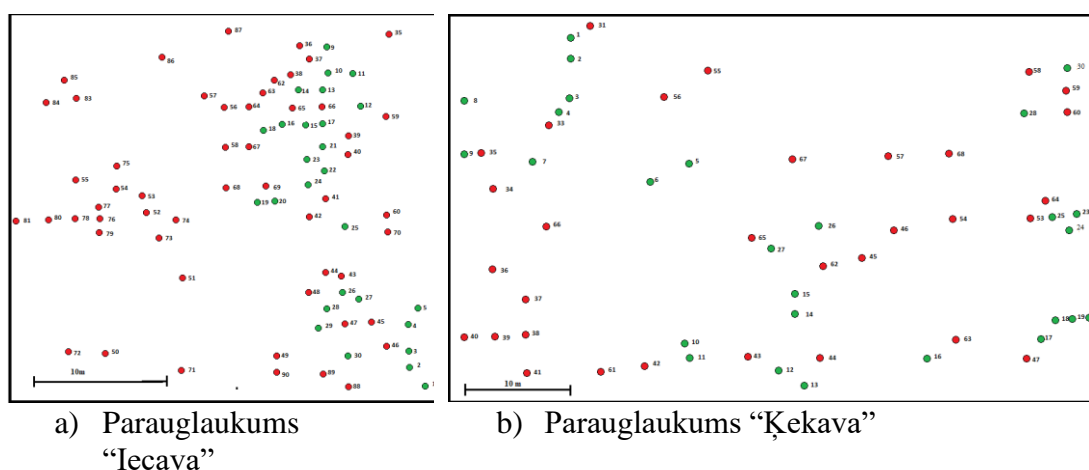
c. Stipri trupējis celms ar dobumu

2. attēls. Celmu sadalījums pēc trapes intensitātes.

Laboratorijā visas ripas nomizotas, to virsma noskalota zem tekoša ūdens un ripas uzglabātas atsevišķos plastmasas maisos inkubācijai. Pēc 7 dienu inkubācijas istabas

temperatūrā visas ripas apskatītas zem stereomikroskopa, atzīmējot *Heterobasidion* spp. konīdijnesējus vai *Armillaria* spp. rizomorfas. No trupējušām ripām, kurām vizuāli neizdevās noskaidrot trupi izraisošo sēni, paņemti koksnes paraugi un uzlikti uz Hāgema agara barotnes. Izdalīto sēņu sugu noteikšanai izmantoja kultūru morfoloģiskās pazīmes.

2020. gada maijā iepriekš minētajos parauglaukumos ievāca ripas no 120 celmiem (60 katrā parauglaukumā). Ripas ievāktas no 40 kontroles (vizuāli veselām) celmiem (20 katrā parauglaukumā), kuriem 2019. gadā nekonstatēja *Heterobasidion* spp. infekciju, no 40 celmiem trapes sākuma stadijā, kuros trupi izraisošā sēne bija noteikta (pamatā *Heterobasidion* vai *Armillaria*), un no 40 stipri trupējušiem celmiem, kuros trupi izraisošā sēne bija *Heterobasidion* vai *Armillaria*. Visiem celmiem atjaunoti numuri un tie kartēti, lai atkārtotu paraugu ievākšanu varētu veikt pēc 2-4 gadiem (3. attēls).



3. attēls. Ar Rotstop apstrādāto celmu izvietojums parauglaukumos.

- Kontrolas celmi (celmi bez trapes pazīmēm)
- Trupējušie celmi

Laboratorijā, pēc iepriekšminētās metodikas pārbaudīja sakņu piepes *Heterobasidion* spp. konīdijnesēju klātbūtni un novērtēja *P. gigantea* micēlija aizņemto laukumu. *Heterobasidion* spp. aizņemtais laukums mērīts, izmantojot plastmasas režģi (0,7x0,7 cm), bet *P. gigantea* aizņemtais laukums – pēc sēnei raksturīgā krāsojuma koksnē, pārzīmējot tā kontūras uz caurspīdīgas plēves un izmērot laukumu ar planimetru. No 20 ripām (10 no katra parauglaukuma) *P. gigantea* micēlijs ievākts ar liesmā sterilizētu pinceti un pārņemts uz Petri plati ar iesala agara barotni. Pēc 3 - 7 dienu

inkubācijas plātes apskatīja zem gaismas mikroskopa, un visus *P. gigantea* izolātus pārnesa uz sterilām Petri platēm ar iesala agara barotni. Visi iegūtie *P. gigantea* izolāti salīdzināti ar Rotstop izolātu, izmantojot somatiskās saderības testu.

4.1.2. Rezultāti

Analizēto celmu diametri variēja no 16,5 līdz 63,5 cm (vidēji $36,0 \pm 11,6$ cm), bet celmu trupējušās daļas diametri no 6,3 līdz 55 cm (vidēji $25,8 \pm 11,0$ cm). *Phlebiopsis gigantea* raksturīgais krāsojums novērots uz 85% celmu, bet *Heterobasidion* spp. konīdijnesēji – uz 51,7% celmu. Iegūtie rezultāti ir apkopoti 1. tabulā.

1. tabula. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* sastopamība trupējušos un veselos egles celmos.

Analizētie celmi	Celmu diametrs, cm	Trupējušās daļas diametrs, cm	<i>P. gigantea</i> sastopamība celmos 2020 gadā, %	<i>H. annosum</i> sastopamība celmos 2019 gadā, %	<i>H. annosum</i> sastopamība celmos 2020 gadā, %
Veseli	30,4±9,4	-	90,0	-	30,0
Trupējuši	34,1±10,5	21,2±10,4	87,5	82,5	55,0
Stipri trupējuši	43,5±10,8	30,4±9,6	77,5	80,0	70,0
Vidēji	36,0±11,6	25,8 ± 11,0	85,0	81,0	51,7

Novērtējot lielās pergamentsēnes sastopamību veselos un trupējušos celmos, konstatēts, ka ar *P. gigantea* kolonizēto veselo celmu īpatsvars (90%) ir lielāks salīdzinājumā ar trupējušiem celmiem (87,5% trupējušo un 77,5% stipri trupējušo celmu), $p > 0,05$. Salīdzinājumā ar iepriekšējo eksperimentu 2017. – 2018. gadā, kurā *P. gigantea* klātbūtne fiksēta 80% kontroles celmos un 57,3% trupējušos celmos, šajā eksperimentā ar *P. gigantea* kolonizēto celmu skaits bija lielāks. Veselo celmu apstrādes efektivitāte bija 70%, bet 30% kontroles celmos konstatēti *Heterobasidion* konīdijnesēji (aizņemot vidēji 0,7% no celma laukuma jeb $4,5 \pm 15,7$ cm²) (1. un 2. tabula). Tomēr trupējušos celmos, pēc apstrādes ar *P. gigantea*, *Heterobasidion* spp. konīdijnesēju sastopamība 5 cm dziļumā būtiski samazinājās: no 82,5% (2019. gadā) līdz 55% (2020. gadā) ($p = 0,008$), kas netika novērots iepriekšējā eksperimentā. Savukārt stipri trupējušos celmos *Heterobasidion* konīdijnesēju sastopamība 5 cm dziļumā samazinājās tikai nedaudz (no 80% līdz 70%) un šī starpība nav būtiska.

Iespējams, ka celmu apstrāde negatīvi ietekmēja *Heterobasidion* aktīvā micēlija attīstību celma virsējā daļā, bet šī tendence netika novērota stipri trupējušos celmos.

Salīdzinot abu analizēto sēņu aizņemto laukumu celma virszemes daļas koksnē (2. tabula), secināts, ka ar *P. gigantea* aizņemtais laukums veselos celmos ($112,1 \pm 112,8 \text{ cm}^2$) ir būtiski lielāks, nekā trupējušos ($50,4 \pm 64,2 \text{ cm}^2$) un stipri trupējušos celmos ($55,5 \pm 74,1 \text{ cm}^2$) ($p=0.01$). Tomēr, ja salīdzina šīs sēnes kolonizētā laukuma daļas proporciju no celma laukuma, atšķirība starp trupējušiem un netrupējušiem celmiem nav būtiska (15,3% no veselo, 9,3% no trupējušo un 8,4% no stipri trupējušo celmu laukumiem). Kaut gan veselās koksnes laukums trupējušos celmos bija mazāks par veselās koksnes laukumu stipri trupējušos celmos (kas ir saistīts ar lielāku stipri trupējušo celmu diametru), šī starpība nav būtiska (1. un 12. tabulas). Aizņemtais laukums ar *H. annosum* stipri trupējušos celmos ir būtiski lielāks nekā trupējušos celmos ($p=0,01$), bet salīdzinot aizņemto laukumu procentuāli no celma virsmas laukuma (0,7% no veselo, 1,7% no trupējušo un 2,7% no stipri trupējušo celmu laukumiem), šī starpība arī nav būtiska. Iespējams, ka šī eksperimenta rezultātus varēja ietekmēt arī vides faktori, tādi kā zems mitrums un augstā gaisa temperatūra, kas bija raksturīga 2019. gada vasarā, tomēr praktisko eksperimentu objektivitāti tas neietekmē.

2. tabula. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* kolonizētais laukums uz trupējušo un veselo celmu virsmas 2020. gadā.

Analizēti celmi	Veselas koksnes laukums, cm^2	<i>P. gigantea</i> aizņemtais laukums, cm^2	<i>P. gigantea</i> aizņemtais veselas koksnes laukums, %	<i>H. annosum</i> aizņemtais laukums, cm^2	<i>H. annosum</i> aizņemtais laukums, %
Veseli	$796,2 \pm 455,7$	$112,1 \pm 112,8$	15,3	$4,5 \pm 15,7$	0,7
Trupējuši	$543,4 \pm 507,3$	$50,4 \pm 64,2$	9,3	$8,4 \pm 13,8$	1,7
Stipri trupējuši	$778,3 \pm 661,4$	$55,5 \pm 74,1$	8,4	$21,6 \pm 30,2$	2,7

Iegūtie dati liecina, ka Rotstop apstrāde bija efektīva trupējušos celmos, bet stipri trupējušos celmos tās efektivitāte bija zema. 2005. – 2006. gadā veiktajā pētījumā (Arhipova et al. 2011) noskaidrots, ka Latvijā vidēji 21,8 % egļu ir trupējušas, bet stipri

trupējušo koku īpatsvars egļu audzēs ir aptuveni 38% , kas nozīmē, ka atlikušo trupējušo celmu (62%) apstrāde joprojām varētu būt lietderīga.

Tomēr eksperimentu būtu jāturpina: i) lai pārbaudītu *P. gigantea* attīstību egles celmu saknēs; ii) lai noskaidrotu Rotstop ietekmi uz aktīvā *Heterobasidion* micēlija sastopamību trupējušā koksni.

4.1.3. Secinājumi

Arī stipri trupējušos celmos *P. gigantea* sekmīgi kolonizē veselo koksni, samazinot *Heterobasidion* biomasas akumulāciju, tādējādi ierobežojot auglķermeņu veidošanas potenciālu trupējušā koksni.

5. MEŽA ATJAUNOŠANĀS UN SAKŅU MIKORIZĀCIJAS NOVĒRTĒJUMS CELMU IZSTRĀDES EKSPERIMENTA OBJEKTOS

Celmu izstrāde ietekmē kā fizikāli-ķīmiskos, tā bioloģiskos procesus augsnē un līdz ar to arī audzē kopumā. Sēnes ir nozīmīga augsnes mikroorganismu grupa, kas veido mikorizu ar kokaugu saknēm, tādējādi sekmējot koka augšanu un vitalitāti. Mūsu pētījumā novērtējam dažādu sēņu grupu daudzveidību kā celmu raušanas ietekmes indikatoru. Darbā izvērtējam celmu izstrādes ietekmi uz divām sēņu funkcionālajām grupām: egles simbiotiskajām mikorizas sēnēm un augsnes mikroskopiskajām sēnēm. Novērtējums veikts septiņus gadus pēc celmu izstrādes un audžu atjaunošanas. Jau īsi pēc eksperimenta ierīkošanas, 2013. gadā, veikts mikorizu novērtējums, kurā pierādīts ka pirmajos gados saknes visbiežāk kolonizē pioniersugas un kokaudzētavām raksturīgās sēnes, tāpēc plānojām atkārtotu novērtējumu pēc ilgāka laika perioda celmu izstrādes ietekmes izvērtēšanai. Augsnes mikroskopisko sēņu sabiedrības šajos objektos iepriekš nebija analizētas. Augsnes mikroorganismiem ir būtiska loma meža ekosistēmas funkcionēšanā. Īpaši nozīmīgas ir augsnes sēnes, kas ir svarīga augsnes organisko komponentu noārdītāju grupa, galvenās sakņu simbiozes veidotājas ar augiem, kā arī kokaugu slimību izraisītājas. Augsta augsnes mikroorganismu daudzveidība veicina ekosistēmu noturību pret traucējumiem, kas kļūst aktuālāki globālo pārmaiņu kontekstā (Bardgett and van der Putten, 2014). Lielu daļu no šiem augsnes mikroorganismiem ietekmē zemes izmantošanas veida maiņa, kā arī apsaimniekošanas veids (Van der Putten, 2013; Makiola et al., 2019; Sterkenburg et al., 2019), līdz ar to būtiski izvērtēt nesen veiktu celmu izstrādes ietekmi uz augsnes sēņu sabiedrībām.

Sēņu sugas, kas veido lielus, labi pamanāmus augļķermeņus, ir tikai neliela daļa no kopējās augsnes sēņu daudzveidības. Jaunas tehnoloģijas un metodoloģiskie risinājumi vides DNS paraugu analīzei daudzkārtīgi palielinājuši izpratni par daudzveidību un sīku augsnes organismu, tai skaitā sēņu, sastopamību (Nilsson et al. 2019). Trešās paaudzes sekvenčēšanas metode, lietojot PacBio SMRT sekvenčēšanas platformu, ļauj iegūt garus sekvenču nolasījumus, kas ļauj precīzāk identificēt augsnes sēnes un līdz ar to skaidrāk raksturot to daudzveidību. Jaunākie pētījumi apliecinājuši šīs metodes nodarību mežu augsnes mikroskopisko sēņu izpētei (Tedersoo et al. 2020), kas ļaus arī

mūsu pētījuma kontekstā izvērtēt celmu izstrādes potenciālo ietekmi uz šo organismu grupu.

Kopumā 2019. gada septembra un oktobra mēnešos apsekojām sešus objektus, kuros 2011. vai 2012. gadā veikta celmu izstrāde un platība atjaunota ar egli (pieci objekti LVM mežos un viens stādījums SIA Rīgas Meži pārvaldītajos mežos). Katrā audzē ierīkoti 10 apļveida parauglaukumi (rādiuss – 5m): pieci parauglaukumi celmu izstrādes un pieci - kontroles platībās. Parauglaukumos ievākti augsnes paraugi no piecām parauglaukumā augošām eglēm. Augsnes paraugi ievākti 20 cm dziļumā, lietojot augsnes zondi.

Laboratorijā paraugi sašķiroti, atsevišķi nodalot augsni bez nobirām un saknēm un kokaugu saknes. Sakņu paraugi nomazgāti un mehāniski attīrīti no augsnes daļiņām. Daļa ievāktās augsnes nodota augsnes ķīmiskā sastāva analīzēm LVMI Silava Vides laboratorijā. Kā augsnes, tā sakņu paraugi sēņu daudzveidības analīzēm liofilizēti to fiksācijai un sekmīgai uzglabāšanai sausā veidā. LVMI Silava Ģenētisko resursu centrā no 60 augsnes un 60 sakņu paraugiem izdalīts kopējais DNS. Augsnes DNS izdalīšanai lietojām Qiagen ražoto komplektu DNeasy PowerSoil Kit (100). Sakņu DNS izdalīšanai lietojām Thermo Fisher Scientific ražoto komplektu GeneJET Genomic DNA Purification Kit. Pēc DNS izdalīšanas noteicām iegūto paraugu DNS koncentrācijas ar NanoDrop spektrofotometru. Šobrīd DNS paraugus glabājam LVMI Silava sasaldētā veidā, lai paraugu analīzē izmantotu nākamās paaudzes sekvenēšanas metodes - darbā paredzēts izmantot Pacific Bioscience SequelII sekvenēšanas platformu Zviedrijas Lauksaimniecības universitātē, Upsalā. Ar šīs metodes palīdzību var noteikt sēņu daudzveidību, balstoties un visu paraugos sastopamo sēņu DNS fragmentu analīzi un identifikāciju.

Sakarā ar COVID-19 pandēmijas ierobežojumiem brauciens uz Zviedriju atlikts līdz situācija stabilizēsies. Analīzēm paredzētā tehnoloģija tiek izmantota dažādos pētījumos, bet tikai atsevišķas laboratorijas specializējušās tās veikšanā. Līdz ar to šobrīd ne tikai Zviedrijā, bet visā Eiropā pieprasījums pēc šāda veida analīzēm ir augsts, bet to veikšanas kapacitāte samazināta sakarā ar pandēmiju. Par iegūtajiem rezultātiem tiks sagatavota atsevišķa atskaite un iesniegta līdz 2021. gada septembrim.

Pētījuma rezultātā salīdzināsim gan savstarpēji paraugkopas, kurās veikta celmu izstrāde, ar kontroles paraugkopām, gan kopumā sniegsim izvērtējumu par augsnes sēņu sabiedrībām, salīdzinājumā ar citu autoru pētījumiem līdzīgos meža tipos. Iegūtās

atziņas sniegs papildus informāciju, novērtējot celmu izstrādes ietekmi uz sēņu sugu daudzveidību.

6. 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.
- Bardgett, R. D., and van der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* 515, 505–511. doi: 10.1038/nature13855
- Brūna, L., Kļaviņa, D., Korhonen, K., Zaļuma, A., Burņeviča, N., Gaitnieks, T. (2019.) Effect of soil properties on spread of *Heterobasidion* root rot. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B*, 73(6), 466-471. <https://doi.org/10.2478/prolas-2019-0072>
- 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* vol. 52 no. 1 article id 9911. 7 p. <https://doi.org/10.14214/sf.9911>
- Gonthier, P., Thor, M. (2013). Annosus root and butt rots. – In: Gonthier, P., Nicolotti, G. (eds.) *Infectious Forest Diseases*. Wallingford: CAB International, 128.–158.
- Gonthier, P. and Nicolotti, G. 2013. *Infectious Forest Diseases*. CABI: Wallingford, UK; Boston, MA, 641 pp.
- Greig B. J. W. 1998. Field recognition and diagnosis of *Heterobasidion annosum*. In: S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann (ed.), *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*. Wallingford: CAB International, 35 – 92 pp.
- Hantula J., Vainio E. 2003. Specific primers for the differentiation of *Heterobasidion annosum* (s.str.) and *H. parviporum* infected stumps in northern Europe.- *Silva Fennica* 37(2): 181–187.
- Kile G. A., McDonald G. I., Byler J. W. 1991. Ecology and disease in natural forests. – In: Shaw C. G., Kile G. A. *Armillaria root disease*, Washington, D.C., United States Department of Agriculture: 102 – 121.
- Korhonen, K., Delatour, C., Greig, B.J. W., Schönar, S. (1998). 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., Piri, T. (2003). How to regenerate Norway spruce on sites infested by *Heterobasidion*? – In: Thomsen, I.M. (ed.). Forest health problems in older forest stands. Proceedings of the Nordic/Baltic Forest Pathology Meeting, Denmark, September 2002. Danish Centre for Forest, Landscape and Planning Reports, 13: 21–29.
- Korhonen, K., Stenlid, J. (1998). Biology of *Heterobasidion annosum*. In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Wallingford: CAB International, 43-70 pp.
- Kubiak K., Zolciak A., Damszel M., Lech P., Sierota Z. 2017. Armillaria Pathogenesis under Climate Changes. – Forests, 8 (4), 100.
- Kurkela T. (2002). Crown condition as an indicator of the incidence of root rot caused by *Heterobasidion annosum* in Scots pine stands. Silva Fennica vol. 36 no. 2 article id 537. <https://doi.org/10.14214/sf.537>
- Makiola, A., Dickie, I. A., Holdaway, R. J., Wood, J. R., Orwin, K. H., and Glare, T. R. (2019). Land use is a determinant of plant pathogen alpha-but not beta-diversity. *Mol. Ecol.* 28, 3786–3798. doi: 10.1111/mec.15177
- 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.
- Nilsson, R. H., Anslan, S., Bahram, M., Wurzbacher, C., Baldrian, P., and Tedersoo, L. (2019). Mycobiome diversity: high-throughput sequencing and identification of fungi. *Nat. Rev. Microbiol.* 17, 95–109. doi: 10.1038/s41579-018-0116-y
- Pettersson, M., Vollbrecht, G., Ronnberg, J. and Gemmel, P. 2003. Effect of thinning and *Phlebiopsis gigantea* stump treatment on the growth of *Heterobasidion parviporum* inoculated in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18(4): 362-367.
- 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.
- Redfern, D. B. (1998). The effect of soil on root infection and spread by *Heterobasidion annosum*. In Proceedings of the Ninth International Conference on Root and Butt Rots, Carcans, France, September 1997. Edited by C. Delatour, J. J. Guillaumin, B. Lung-Escarmant, and B. Marçais. INRA Colloques 89: pp. 267-273.

- Sterkenburg, E., Clemmensen, K. E., Lindahl, B. D., and Dahlberg, A. (2019). The significance of retention trees for survival of ectomycorrhizal fungi in clear-cut Scots pine forests. *J. Appl. Ecol.* 56, 1367–1378. doi: 10.1111/1365-2664.13363
- Stivriņa, B., Kenigšvalde, K., Gaitnieks, T. (2010). Lielu dimensiju ciršanas atlieku ietekme uz *Heterobasidion* spp. infekcijas izplatību. *Mežzinātne*, 22 (55): 88–102.
- Tedersoo L, Anslan S, Bahram M, Drenkhan R, Pritsch K, Buegger F, Padari A, Hagh-Doust N, Mikryukov V, Gohar D, Amiri R, Hiiesalu I, Lutter R, Rosenthal R, Rähn E, Adamson K, Drenkhan T, Tullus H, Jürimaa K, Sibul I, Otsing E, Põlme S, Metslaid M, Loit K, Agan A, Puusepp R, Varik I, Kõljalg U and Abarenkov K (2020) Regional-Scale In-Depth Analysis of Soil Fungal Diversity Reveals Strong pH and Plant Species Effects in Northern Europe. *Front. Microbiol.* 11:1953. doi: 10.3389/fmicb.2020.01953
- Van der Putten, W. H. (2013). Climate change, aboveground-belowground interactions, and species' range shifts. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2013:43. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-110411-160423
- Vasiliauskas, A.(1989). Root fungus (*Heterobasidion annosum*) and the resistance of coniferous forest ecosystems. Mokslas Publishers, Vilnius. [In Russian with English summary.
- Wang, L.; Zhang, J.; Drobyshev, I.; Cleary, M.; Rönnberg, J. (2014). Incidence and impact of root infection by *Heterobasidion* spp., and the justification for preventative silvicultural measures on Scots pine trees: A case study in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 315, 153–159.
- Zaļuma, A., Muižnieks, I., Gaitnieks, T. Burņeviča,., Jansons, Ā., Jansons, J., Stenlid, J., Vasaitis, R. (2019.) Infection and spread of root rot caused by *Heterobasidion* spp. in *Pinus contorta* plantations in Northern Europe: three case studies. *Canadian Journal of Forest Research*, 49(8), 969-977.
<https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0507>