AKCIJU SABIEDRĪBAS „LATVIJAS VALSTS MEŽI” UN
LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTA „SILAVA”

ZINĀTŅIETILPĪGĀ
LĪGUMDARBA

SAKŅU TRUPES IZPLATĪBU IEROBEŽOJOŠO FAKTORU IZPĒTE

STARPATSKAITE

IZPILDĪTĀJS: LATVIJAS VALSTS MEŽZINĀTNES INSTITŪTS „SILAVA”
PROJEKTA VADĪTĀJS: TĀLIS GAITNIEKS, VADOŠAIS PĒTNIEKS, MEŽZINĀTŅU DOKTORS

_____
T. Gaitnieks

2016

SATURS

KOPSAVILKUMS 3
SUMMARY 4
DARBA UZDEVUMI 5
1. Dažādas izcelsmes septiņus gadus veca skuju koku stādmateriāla uzņēmība pret *Armillaria* spp. infekciju – 2015. gadā mākslīgi inficēto stādu vitalitātes monitorings 6
1.1. Materiāls un metodika 6
1.1.1. Lauka darbu metodika 6
1.1.2. Laboratorijas darbu metodika 7
1.2. Rezultāti 11
1.3. Secinājumi 13
2. Sakņu trupes izplatības novērtējums priežu audzēs 14
2.1. Materiāls un metodika 14
2.2. Rezultāti 18
2.3.Secinājumi 20
3. Sakņu piepes genotipu izplatības novērtējums stipri inficētā priežu jaunaudzē 21
3.1. Materiāls un metodika 21
3.2. Rezultāti 22
3.3. Secinājumi 23
4. *Heterobasidion annosum* izplatības salīdzinājums mākslīgi un dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs 24
4.1. Materiāls un metodika 24
4.1.1. Lauka darbu metodes 24
4.1.2. Laboratorijas darbu metodes 25
4.2. Rezultāti 25
4.3. Secinājumi 28
5. *Heterobasidion* spp. un *Phlebiopsis gigantea* micēlija attīstības novērtējums (bazīdijsporu infekcija) maza diametra (<10 cm) skuju koku celmos 29
5.1. Metodika 29
5.2. Rezultāti 29
5.3. Secinājumi 30
6. Eksperimenta ierīkošana, lai novērtētu dažāda augstuma maza diametra priežu celmu uzņēmību pret *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu infekciju 31
6.1. Metodika 32
7. Trupējušas koksnes daudzuma noteikšana egļu audzēs 33
7.1. Metodika 33
7.2. Rezultāti 35
7.3. Secinājumi 38
8. Bioloģisko un ķīmisko preparātu salīdzinājums sakņu piepes sporu infekcijas ierobežošanā 39
8.1. Metodika 39
8.2. Rezultāti 41
8.3. Secinājumi 43
SECINĀJUMI 44
LITERATŪRA 46

KOPSAVILKUMS

Projekta pētījuma mērķis ir noteikt sakņu trupes izplatību ietekmējošos bioloģiskos un antropogēnos faktorus, lai izstrādātu rekomendācijas trupes izplatības ierobežošanai intensīvas mežsaimniecības apstākļos.

Šī gada starpziņojumā jau tika aprakstīta daļa iegūto rezultātu. Analizējot iegūtos datus, lai noteiktu dažādu provenienču priežu un egļu uzņēmību pret *Armillaria* spp., konstatēts, ka mazu dimensiju ar *Armillaria* spp. inficētas koksnes atliekas var būt potenciāls *Armillaria* spp. infekcijas avots. Tomēr, lai analizētu atšķirīgu priežu un egļu provenienču uzņēmību pret *Armillaria* spp., nepieciešams ilgāks inkubācijas periods par 12 - 15 mēnešiem.

Ziemeļkurzemes un Dienvidkurzemes reģionā sakņu piepe konstatēta 12,9 % analizēto priežu audžu. Priežu audzēs, kuras raksturo augsts sakņu piepes infekcijas potenciāls ar *Heterobasidion*, inficētā platība var sasniegt piekto daļu no teritorijas.

Iegūtie dati priežu jaunaudzēs liecina, ka sakņu piepe ir sastopama gan dabiski, gan mākslīgi atjaunotās audzēs, audžu inficētību ietekmē iepriekšējās paaudzes inficēto celmu daudzums, kas arī nosaka *Heterobasidion annosum* genotipu skaitu un lielumu.

Divos analizētajos parauglaukumos trīs gadus pēc celmu inficēšanās *Heterobasidion* spp. micēlijs saglabājies 5% un 30% maza diametra (<10 cm) egļu celmu, bet vairs netika konstatēts priežu celmos; *P. gigantea* konstatēta 5% un 10% egļu celmu un 30% un 40% priežu celmu. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* micēlijs atsevišķos skuju koku celmos sasniedzis celma sakņu kaklu.

Lai novērtētu, kā celma augstums ietekmē *Heterobasidion* spp. infekcijas attīstību maza diametra (<10 cm) priežu celmos, trīs priežu jaunaudzēs ierīkoti parauglaukumi (nozāģēti 300 koki). Nākamā gada laikā no celmiem tiks ievākti koksnes paraugi un analizēta *Heterobasidion* spp. micēlija sastopamība.

Uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums bija vidēji 2,25 m^3 ha^{-1} krājas kopšanas cirtē un 5,23 m^3 ha^{-1} galvenajā cirtē, no tā svaigu, trupējušu atlieku daudzums bija attiecīgi: 0,46 m^3 ha^{-1} (20%) un 0,43 m^3 ha^{-1} (8%).

Priedes koksnē bioloģisko (*P. gigantea* izolāti) un ķīmisko (urīnviela) preparātu apstrādes efektivitāte pret sakņu piepes sporu infekciju būtiski neatšķīrās. Egles koksnē 8 cm dziļumā nebija būtiskas atšķirības starp urīnvielas un *P. gigantea* izolātu efektivitāti pret *Heterobasidion* spp. *P. gigantea* izolāti bija būtiski ($p<0,05$) efektīvāki priedes koksnē, salīdzinot ar egles koksni.

SUMMARY

The aim of this study is to analyse the influence of biological 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. After analyses of data (susceptibility of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* of various origins to *Armillaria spp.*), it was concluded that, small dimension roots that are infected by *Armillaria* spp. could be a potential source of *Armillaria* spp. infection. However, incubation period longer than 12 – 15 months are necessary to analyse susceptibility of different proveniences of pine and spruce to *Armillaria* spp.

Results showed that in regions of Ziemeļkurzeme and Dienvidkurzeme 12.9% of pine stands contained root rot. Infected area could reach one fifth from territory in pine stands where potential of *Heterobasidion* spp. infection was high.

Root rot was present in naturally and artificially regenerated pine stands. Number of infected stumps from previous generation affected the number and size of *Heterobasidion annosum* genotypes in the stand.

In two analysed sample plots three years after stump infection mycelium of *Heterobasidion* spp. was present in 5% and 30% of analysed small diameter (<10cm) spruce stumps but were not present in pine stumps; *P. gigantea* was present in 5% and 10% of spruce stumps and 30% and 40% of pine stumps. Mycelia of *Heterobasidion* spp. and *P. gigantea* have reached the root collar in some of the analysed conifer stumps.

Sample plots in three pine stands were established to analyse the significance of stump height of small diameter stumps in the development of infection by *Heterobasidion* spp. (in total 300 trees were felled). During the next year stumps will be sampled and presence of *Heterobasidion* spp. will be determined.

In commercial and final felling on average 2.25 m^3 ha^{-1} and 5.23 m^3 ha^{-1} of spruce woody debris were left on technical corridors; amount of freshly cut decayed woody debris were 0,46 m^3 ha^{-1} (20%) un 0,43 m^3 ha^{-1} (8%), respectively.

No significant differences were found between efficacy of biological (*P.gigantea* isolates) and chemical (urea) preparations against spore infection of root rot in wood of pine. Differences in efficacy against *Heterobasidion* spp. were not significant in depth of 8 cm in wood of spruce. *P. gigantea* isolates were significantly ($p<0.05$) more effective in pine than in spruce.

DARBA UZDEVUMI

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

1. Dažādas izcelsmes septiņus gadus veca skuju koku stādmateriāla uzņēmības pētījumi pret *Armillaria* spp. infekciju – 2015. gadā mākslīgi inficēto stādu vitalitātes monitorings.
2. Sakņu trupes izplatības novērtējums priežu audzēs.
3. Sakņu piepes genotipu izplatības novērtējums stipri inficētās priežu jaunaudzēs.
4. *Heterobasidion annosum* izplatības salīdzinājums mākslīgi un dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs.
5. *Heterobasidion* spp. un *Phlebiopsis gigantea* micēlija attīstības novērtējums (bazīdijsporu infekcija) maza diametra (< 10 cm) skuju koku celmos.
6. Eksperimenta ierīkošana, lai novērtētu dažāda augstuma maza diametra priežu celmu uzņēmību pret *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu infekciju.
7. Trupējušas koksnes daudzuma noteikšana egļu audzēs.
8. Bioloģisko un ķīmisko preparātu efektivitātes salīdzinājums sakņu piepes sporu infekcijas ierobežošanā.

1. Dažādas izcelsmes septiņus gadus veca skuju koku stādmateriāla uzņēmība pret *Armillaria* spp. infekciju – 2015. gadā mākslīgi inficēto stādu vitalitātes monitorings

2016. gada starpziņojumā tika analizēta *P. sylvestris* stādu uzņēmība pret *Armillaria* ģints patogēniem. Tā kā visiem analizētajiem egļu provenienču stādiem 2016. gada maijā vainaga stāvokļa izmaiņas netika konstatētas, tika nolemts pagarināt eksperimenta laiku par vismaz vienu veģetācijas sezonu – līdz 2016. gada 30. augustam.

1.1. Materiāls un metodika

Kā jau minēts 2016. gada starpziņojumā, eksperimentu ierīkoja 2015. gada 15., 24. un 25. maijā. Eksperimentam paredzētos stādus audzēja AS "Latvijas valsts meži", struktūrvienības "Sēklas un stādi" Kalsnavas kokaudzētavā saskaņā ar kokaudzētavu praksi.

1.1.1. Lauka darbu metodika

Plastmasas podos ar egļu un priežu stādiem kūdras substrātā divās vietās 1 – 3 cm attālumā no stāda stumbra - stumbra pretējās pusēs - ievietoja ar *Armillaria* spp. inficētus koksnes gabaliņus (0,5 x 6 cm). Dažādām proveniencēm bija atšķirīga vitalitāte, tāpēc visiem variantiem nebija iespējams inficēt vienādu skaitu stādu. Eksperimenta gaitā no katras proveniences ar katru no pieciem patogēna izolātiem inficēja vidēji astoņus līdz sešpadsmit stādus un 10 stādus no katras proveniences atstāja neinficētus kontrolei (1.1. tabula). Kontroles stādiem augsnē tika ievietoti sterili parastās lazdas *Corylus avellana* (L.) koksnes gabaliņi.

1.1. tabula. Egļu un priežu stādu skaits, to izcelsmes vieta, izmantotie apzīmējumi.

Suga	Apzīmējums	Izcelsmes vieta	Stādu skaits
Picea abies	12E	Remtes sēklu plantācija	93
Picea abies	11E	Ludza, Mērdzene	67
Picea abies	15E	Sventes spraud sēklu plantācija	90
Picea abies	14E	Katvaru sēklu plantācija	107
Pinus sylvestris	25P	Priekules sēklu plantācija	45
Pinus sylvestris	22P	Sāviena	87
Pinus sylvestris	20P	Kurmales sēklu plantācija	89
Pinus sylvestris	24P	Katvaru plantācija	73
Pinus sylvestris	21P	Dravas	88
Pinus sylvestris	23P	Sāviena Misas plantācija	86
Pinus sylvestris	18P/17P	Gaigalavas iecirknis 42.kv. 5.nog.	96

Pēc stādu inokulēšanas 26 - 28 stādiem no katras izcelsmes noteica garumu un stumbra diametru pie sakņu kakla, kā arī novērtēja vainaga stāvokli.

Vainaga stāvokli novērtēja, stādus iedalot 5 vitalitātes klasēs:

1. klase: vainagā mazāk par 20% dzīvotspējīgu skuju;
2. klase: vainagā 20-40% dzīvotspējīgu skuju;
3. klase: vainagā 40-60% dzīvotspējīgu skuju;
4. klase: vainagā 60-80% dzīvotspējīgu skuju;
5. klase: vainagā vairāk par 80 dzīvotspējīgu skuju.

Detalizētāks lauka darba metodikas apraksts atrodams 2016. gada starpziņojumā.

2016. gada 25. maijā uzskaitīja visas kalstošās priedes, izmērīja visu priežu garumu un diametru, novērtēja vainagu stāvokli, bet 2016. gada 20. augustā šie rādītāji tika noteikti egļu stādiem.

1.1.2. Laboratorijas darbu metodika

Inficēšanai izmantoja divus *Armillaria cepistipes* izolātus, divus A. *borealis* un vienu *A. solidipes* (1.2.tabula).

1.2. tabula. Stādu inficēšanai izmantotie *Armillaria* ģints sēņu izolāti, analizēto stādu skaits.

***Armillaria* suga**	**Izolāts**	**Materiāla ievākšanas vieta, gads**	**Saimniek-auga suga**	**Inficētā materiāla raksturojums**	***P. sylvestris* stādu skaits**	***P. abies* stādu skaits**
A. cepistipes	S137.1.1.	Stende, 2013	*P. abies*	Celms	99	62
A. cepistipes	J150.4.2.	Jaunpils, 2013	*P. abies*	Celms	99	66
A. solidipes	Ln1-3.	Cīrava, 2013	*P. sylvestris*	Jauns, nokaltis koks	102	60
A. borealis	D51.4.1.	Dursupe, 2013	*P. abies*	Celms	92	63
A. borealis	O5.1.2.	Ogre, 2013	*P. abies*	Celms	100	64

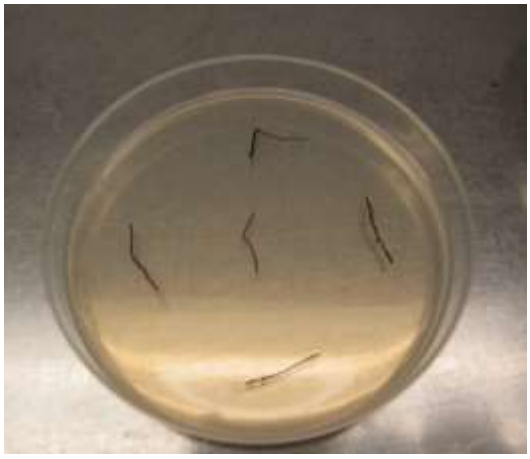
Inficēšanai sagatavotos atvašu posmus autoklāvēja 20 minūtes121 °C un novietoja uz iesala agara barotnes pa septiņiem katrā Petri platē. Barotnes sastāvs: 15 g iesala ekstrakts, 12 g agars, 1000 ml ūdens. Barotne autoklāvēta 20 minūtes, 121°C, vienas atmosfēras spiedienā.

Ar *Armillaria* spp. izolātiem inficēja 6 cm garus lazdas atvašu posmus (diametrs 0,5 – 1,0 cm.), ievietojot Petri platēs nelielus augošas *Armillaria* kultūras gabaliņus. Inokulātus inkubēja sešas līdz astoņas nedēļas. Līdz eksperimenta ierīkošanai sagatavoto materiālu uzglabāja termostatā +4 °C temperatūrā.

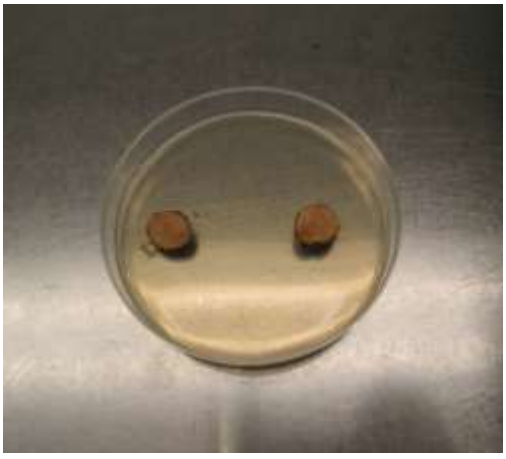
Eksperimentā izmantotos stādus un inokulātus attīrīja no augsnes un, ja konstatēja *Armillara* spp. rizomorfas vai micēliju, ievietoja polietilēna maisiņos, un laboratorijā zem binokulāra (Leica MZ 9,5) izdalīja apmēram 15 mm garus rizomorfu un 5x5 mm (minimālais izmērs 1x1 mm) micēlija paraugus. Ja tika novērots micēlijs zem mizas, tad, izmantojot liesmā sterilizētu pinceti, micēlija paraugu bez virsmas sterilizācijas uzreiz pārnesa uz barotni. Sēņu (micēlija vai rizmorfu) un koksnes paraugus, kas iegūti no inokulāta, sterilizēja 30 % ūdeņraža peroksīdā aptuveni 10 - 40 sekundes (atkarībā no parauga lieluma). Paraugus skaloja sterilā ūdenī trīs reizes, katru reizi vienu minūti. Piecus paraugus no katra stāda novietoja vienā Petrī platē uz Hagem barotnes (1.1. attēls).

Lai pārliecinātos, vai dzīvotspējīgs micēlijs konstatēts arī stādu sakņu sistēmā, tika paņemti koksnes paraugi, lai noteiktu *Armillaria* spp. sastopamību koksnē. Kontrolē izmantotie stādi izvēlēti randomizēti. No katra stāda analizēja divus koksnes paraugus (1.2. attēls). Eksperimentā iegūtos koksnes paraugus nomizoja un sterilizēja liesmā, tad novietoja uz Hagem barotnes: 5 g iesala ekstrakts, 20 g agars, 5 g glikoze, 0,5 g $NaNO_3$, 0,5 g $MgSO_4$,

0,5 g KH_2PO_4, 1000 ml ūdens. Gan koksnes, gan micēlija, gan rizomorfu paraugi tika turēti istabas temperatūrā. Ik pēc trīs līdz piecām dienām novērtēta patogēno sēņu sastopamība un attīstība .



1.1. attēls. *Armillara* spp. rizomorfas uz Hagem barotnes.



1.2. attēls. Koksnes paraugi uz Hagem barotnes.

Stādu uzņēmība un patogēnu vitalitāte tika vērtēta, izmantojot sešu klašu sistēmu, kas izveidota par piemēru ņemot Sicoli *et al.* (2002) darbā aprakstīto piecu klašu sistēmu. Sicoli *et al.* (2002) novērtēja patogēna spēju inficēt kokus, kuru sakņu miza ir bojāta (katram stādam, pirms tā inokulācijas, izveidoja brūci uz galvenās saknes un inokulātu piestiprināja pie brūces). Pētījumā, kas ierīkots 2015. gadā, lai novērtētu atšķirīgas izcelsmes stādmateriāla uzņēmību pret *Armillaria* spp., koku sakņu sistēma netika bojāta, tāpēc izdalītās klases detalizētāk raksturo patogēna izplatību vidē:

0. klase: rizomorfas vai micēlijs netiek konstatēts;

1. klase: konstatētas rizomorfas vai micēlijs uz inokulāta, izplatība augsnē neliela;

2. klase: rizomorfas un micēlijs konstatēti uz inokulāta, stāda saknēm un sakņu kakla (1.3. attēls);

3. klase: atsevišķās stāda saknēs novērojamas infekcijas pazīmes - micēlijs, rizomorfas zem mizas kā arī nekrotisks kambijs un koksne (1.4. attēls);

4. klase: vairāk kā vienā saknē konstatēts micēlijs, rizomorfas zem mizas kā arī nekrotisks kambijs un koksne;

5. klase: sakņu sistēma plaši inficēta.

1.3. attēls. *Armillara* spp. rizomorfas ievijušās starp stāda saknēm (2. klase).

1.4. attēls. *Armillara* spp. micēlijs attīstījies zem mizas uz vienas saknes (3. klase).

Papildus tika atzīmētas pazīmes, kas raksturo *Armillaria* spp. sastopamību, piemēram, sveķošana, nekrozes, saknes paresninājumi un brūces (1.5. attēls).

Patogēnās sēnes tīrkultūras salīdzinātas ar oriģinālajām kultūrām, izmantojot somatiskās saderības testu (Guillaumin *et al.*, 1991) (1.6. attēls).

1.5. attēls Brūce uz *P. sylvestris* stāda saknes.

1.6. attēls. Somatiskās saderības pārbaude.

1.2. Rezultāti

2016. gada augustā 5 egles bija nokaltušas, bet 10 eglēm vainagu veidoja mazāk kā 20% vitālas skujas. Turpretī priežu stādiem kaltušo koku skaits jau 2016. gada maijā sasniedza 10 priedes, bet tādas, kuru skuju vitalitāte ir zemāka par 20% – 37. Arī citos pētījumos konstatēts, ka egles raksturo zemāka uzņēmība pret *Armillaria* ģints sēnēm, piemēram J. Rishbeth (1972) apraksta piemēru, kur jauktā priežu un egļu plantācijā priežu inficēšanās ar *Armillaria mellea* un kalšana konstatēta bieži, kaltušo koku lauces veidojušas pat pus hektāru lielus atvērumus, bet egļu kalšana netika novērota.

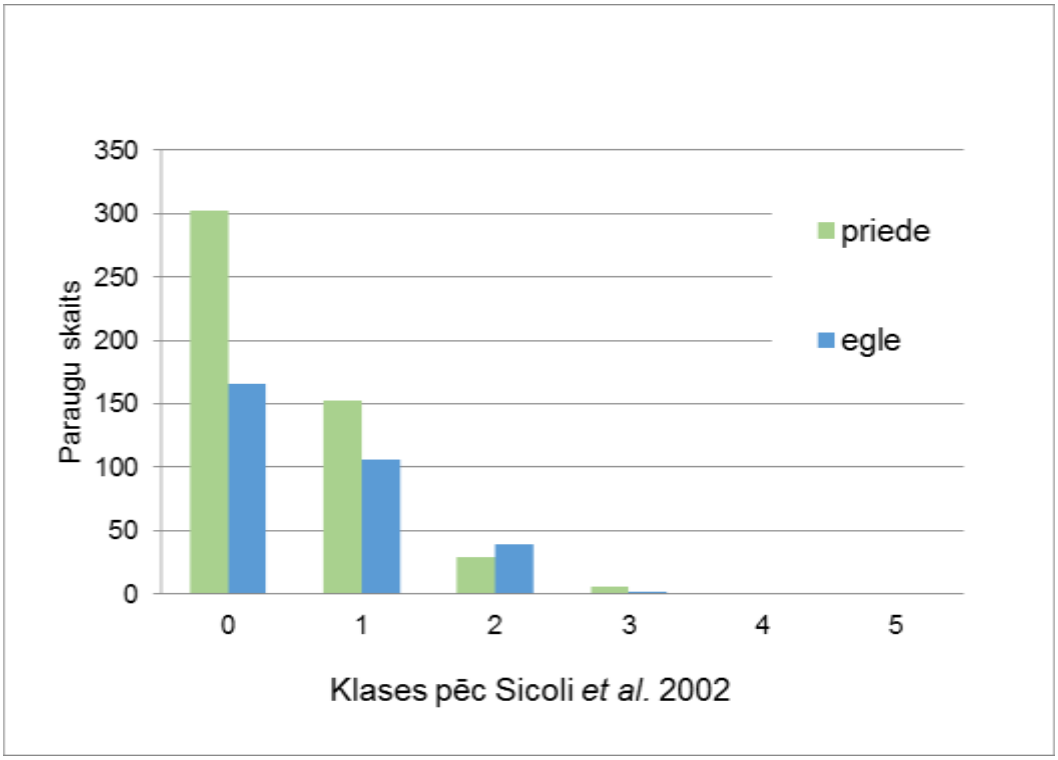
Veicot priežu un egļu stādu morfoloģisko pazīmju analīzi, netika konstatētas būtiskas garuma atšķirības starp kontroles un inficētajiem stādiem. Būtiski mazāks diametrs tika konstatēts egļu stādiem, kas izmantoti kontrolē, salīdzinot ar inficētajiem (1.3. tabula). Literatūrā minēts, ka inficētiem kokiem ir tendence veidot saknes paresnājumus (Guillaumin and Legrand, 2013).

1.3. tabula. Inokulēto un kontrolē izmantoto priežu un egļu stādu morfoloģisko pazīmju salīdzinājums gadu pēc eksperimenta ierīkošanas.

Suga	Stādi	Diametrs, cm	p	Garums, cm	p	Vainaga stāvoklis/vitalitātes klase
P.sylvestris	Inokulētie	1,94	>0.05	169,1	>0.05	3,1
P.sylvestris	Kontroles	1,87		173,5		3,2
P.abies	Inokulētie	1,62	<0.05	115,0	>0.05	3,5
P.abies	Kontroles	1,5		110,9		3,2

Tika analizēts 561 (no 564) priedes stāds un 353 (no 357) egļu stādi un to inokulāti (vērtēti arī kontrolē izmantotie stādi). Kontrolē izmantotie stādi nebija inficējušies ar *Armillaria* spp., tāpēc turpmākajos aprēķinos netika iekļauti. Novērtējot inokulātus secināts, ka 42% (189 gab. priežu un 147 gab. egļu stādu podos) patogēns bija saglabājis dzīvotspēju inokulātā un izplatījies vidē ar micēliju vai rizomorfām. Inkubējot no priežu podiem izņemtos inokulātus istabas temperatūrā, konstatēts, ka palielinās to paraugu skaits, kuriem micēlijs ir ne tikai saglabājis savu dzīvotspēju, bet arī izplatās. Konstatēts, ka *A. cepistipes* raksturo augstākā izplatīšanās spēja visā paraugkopā, tomēr tā neraksturo stādu uzņēmību. Tomēr

kopējais ar *Armillaria* spp. inficēto stādu skaits (micēlijs, rizomorfas zem mizas, kā arī nekrotisks kambijs un koksne) bija tikai 9 (1.7. attēls).



1.7. attēls. Patogēnu vitalitāte un izplatīšanās potenciāls (0. klase: rizomorfas vai micēlijs netiek konstatēts; 1. klase: konstatētas rizomorfas vai micēlijs uz inokulāta; 2. klase: rizomorfas un micēlijs konstatēti uz stāda; 3. klase: micēlijs, rizomorfas zem mizas, kā arī atzīmētas nekrozes; 4. klase: inficēta koksne; 5. klase: sakņu sistēma plaši inficēta).

Lai noskaidrotu, vai tikusi inficēta arī koksne tika analizēta sakņu sistēma (izdalīti koksnes paraugi) kopā no 270 priežu un 146 egļu stādiem. Izdalīt micēliju no koksnes ar klasiskajām mikrobioloģijas metodēm nebija iespējams.

Literatūrā minēts, ka neliela daļa mikroorganismu augā spēj izkļūt cauri mizai, lielākā daļa patogēnu augā iekļūst caur mizas bojājumiem (Kovalchuk *et al.,* 2013). *Armillaria* ģints sēnes ar rizomorfām spēj inficēt arī veselu koku saknes. Tās mehāniski iespiežas saknes mizā, bet pēc tam ar enzīmiem sašķeļ audus (Cleary *et al*., 2012, Guillaumin and Legrand, 2013). Lai gan tiešu inficēšanos izdevās pierādīt tikai septiņām priedēm un divām eglēm, atsevišķiem stādiem (19 priedēm un 26 eglēm) konstatēja sveķošanu, brūces un nekrozes, kas liecina, ka patogēns augā ir iekļuvis. Kokaugi spēj ierobežot patogēna turpmāko izplatību. Pat, ja patogēns ir iekļuvis augā, tiek izveidota audu barjera un atsevišķos pētījumos tieši šī auga pretošanās spēja tiek norādīta kā rezistenci raksturojoša īpašība (Cleary *et al*., 2012).

Kanādā veiktā pētījumā, kurā tieši pie saknes novietots *Armillaria solidipes* inokulāts konstatēts, ka kambijs tiek degradēts 5 - 12 mēnešu laikā (Cleary *et al*., 2012). Šajā Kanādas apgabalā gada vidējā temperatūra ir augstāka, kas nozīmē optimālākus apstākļus sēnes attīstībai. Latvijas apstākļos kokaugu inficēšanai nepieciešams ilgāks patogēna inkubācijas periods augsnē, tomēr iegūtie rezultāti pierāda, ka *Armillaria* ģints sēnes spēj inficēt 7 gadus vecu koku sakņu sistēmu. Ņemot vērā iespējamās klimata izmaiņas (Lindner *et al.,* 2010), iespējama patogēna intensīvāka attīstība, izplatība un kokaugu inficēšana, tāpēc nepieciešams izstrādāt stratēģiju patogēna ierobežošanai, īpaši atjaunotajās priežu audzēs.

1.3. Secinājumi

1. Izmantotā metodika, ievietojot substrātā ar *Armillaria* spp. inficētus parastās lazdas koksnes gabaliņus, ir izmantojama stādu mākslīgās inficēšanas eksperimentos.
2. Par analizēto 7 gadus vecu priežu un egļu stādu inficēšanos ar *Armillaria sp.* liecināja: nekrožu veidošanās uz saknēm, micēlijs zem sakņu mizas, augsnē un sakņu sistēmā atrastās rizomorfas. Tomēr 12-15 mēnešu laikā konstatēta tikai atsevišķu stādu inficēšanās, tāpēc, lai analizētu atšķirīgu priežu un egļu provenienču uzņēmību, nepieciešams ilgāks inkubācijas periods.
3. *Armillaria cepistipes, Armillaria borealis, Armillaria solidipes* micēlijs saglabā dzīvotspēju mazu dimensiju inficētā koksnē (0,5 x 6 cm) vairāk nekā gadu pēc ievietošanas augsnē, tāpēc stipri inficētās platībās pirms priežu stādījumu ierīkošanas jāapsver celmu izstrādes lietderība, lai novērstu stādu inficēšanos ar *Armillaria* spp.

2. Sakņu trupes izplatības novērtējums priežu audzēs

Latvijā ir veikti pētījumi, lai konstatētu sakņu piepes sastopamību egļu audzēs (Arhipova *et al.*, 2011), pētījumi, kas raksturotu sakņu piepes sastopamību pieaugušās priežu audzēs līdz šim nav veikti.

2.1. Materiāls un metodika

2016. gadā tika apsekotas 32 priežu audzes 80-104 gadu vecumā, lai analizētu *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. sastopamību pirms audžu nociršanas. Kopā apsekoti 39,6 ha (5,5 ha As, 5,7 ha Dm, 6,2 ha Ks, 7,2 ha Mr, 15 ha Ln). Analizētajās audzēs tika apsekoti visi simptomātiskie un kaltušie koki, lai noteiktu, vai konstatējami patogēno sēņu sugu augļķermeņi. Ja nelielā platībā tika konstatēta kaltušo koku biogrupa (bet *Heterobasidion* spp. un *Armillaria* spp. augļķermeņi netika konstatēti), tad ar Preslera svārpstu no katras biogrupas tika paņemts koksnes paraugs, ieurbjot pie sakņu kakla. Koksnes paraugi tika ievietoti numurētās plastikāta mēģenēs un uzglabāti ledusskapī līdz nogādāšanai laboratorijā. Ja audzē infekcijas centros ("trupes ligzdās") tika konstatētas izveidojušās lauces – to perimetru parasti raksturo simptomātiski koki vai inficētu koku biogrupas-, tad tika veikta lauču laukuma uzmērīšana, izmantojot tālmēru un busoli.

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. Paraugi skatīti, izmantojot stereomikroskopu Leica M125.

Kalsnavas mežu novadā 210. kv. 15 ha platībā ierīkots ilglaicīgais eksperiments, kur paredzēts analizēt *Heterobasidion* infekcijas attīstības dinamiku pēc mežaudzes nociršanas un atjaunošanas. Tāpēc Kalsnavas mežu novadā laucēm ar GPS palīdzību noteikts lauču viduspunkts, tā vietā nofiksēts metāla stienis. Laucēm noteikts rādiuss, izveidojot lauces aprises. Izmantojot iegūtās GPS koordinātas (koordinātu sistēma WGS 84) un rādiusus, izveidota parauglaukuma shēma.

2.1. Apsekoto objektu apraksts 2016. gadā.

Reģions, kv. apg., kv.	**Koord. LKS 92 X, Y**	**Platība, ha**	**Vecums, gadi, meža tips**	**Piezīmes**
Dienvidk., 207., 78	409004, 300609	0.8	82 As	2 nokaltušas priedes, 7 nokaltušas egles.
Dienvidk., 207., 402	399957, 296289	0.8	85 Ks	5 nokaltušas priedes, 1 nokaltusi egle.
Dienvidk., 207., 289	393504, 286998	0.5	97 Dm	2 nokaltušas priedes, 1 nokaltusi egle.
Dienvidk., 207., 233.	386913, 291348	0.7	86 Ks	29 nokaltušas priedes, 7 nokaltušas egles.
Dienvidk., 207., 154.	385391, 293547	0.5	97 Mr	9 nokaltušas priedes.
Dienvidk., 207., 236.	387318, 291474	0.7	90 Ks	26 nokaltušas priedes, 2 nokaltušas egles.
Dienvidk., 206., 395.	383905, 284857	0.8	93 Dm	17 nokaltušas priedes, 17 nokaltušas egles.
Dienvidk., 202., 408.	392260, 323509	0.7	90 As	14 nokaltušas priedes, 6 nokaltušas egles.
Dienvidk., 206., 33.	391783, 318296	0.8	80 Dm	2 nokaltušas egles.
Dienvidk., 202., 478.	392710, 317409	0.8	97 Ks	5 nokaltušas priedes, 5 nokaltušas egles.
Dienvidk., 206., 42.	391816, 317051	0.8	82 Mr	6 nokaltušas priedes.
Dienvidk., 206., 200.	387046, 304108	0.5	92 As	5 nokaltušas priedes, 2 nokaltušas egles.

Reģions, kv. apg., kv.	**Koord. LKS 92 X, Y**	**Platība, ha**	**Vecums, gadi, meža tips**	**Piezīmes**
Dienvidk., 207., 264.	389905, 289039	0.8	91 As	*Heterobasidion* sp. konstatēts 2 priedēm un 2 eglēm, kopā konstatētas 16 nokaltušas priedes un 20 nokaltušas egles.
Ziemeļk., 701., 322.	358202, 373300	0.9	95 Mr	Uzskaitītas 53 kaltušas priedes un 2 kaltušas egles, paņemts koksnes paraugs.
Ziemeļk., 701., 304.	358316 373402	1	83 Mr	25 kaltušas priedes un 1 kaltusi egle.
Ziemeļk., 701., 377.	365410, 372378	0.8	89 Ks	19 kaltušas priedes.
Ziemeļk., 713., 206.	378191, 336054	0.9	83 Dm	22 kaltušas priedes.
Ziemeļk., 713., 312.	382675, 334043	0.9	94 Ks	25 kaltušas priedes un 20 kaltušas egles, 1 bērzs, paņemts koksnes paraugs. Kalšanu iespējams izraisījis mainīgais mitruma režīms.
Ziemeļk., 713., 66.	386126, 342495	1	82 Mr	17 kaltušas priedes un 5 kaltušas egles, paņemts koksnes paraugs.
Ziemeļk., 713., 61.	382539, 340718	1	89 As	6 kaltušas priedes un 9 kaltušas egles, paņemts koksnes paraugs.
Ziemeļk., 704., 145.	369235, 363243	0.6	99 Ks	1 eglei konstatēts *Heterobasidion* sp., 9 kaltušas priedes un 10 kaltušas egles.
Ziemeļk., 704., 154.	368647, 362469	0.6	81 Dm	5 kaltušas priedes.

Reģions, kv. apg., kv.	**Koord. LKS 92 X, Y**	**Platība, ha**	**Vecums, gadi, meža tips**	**Piezīmes**
Ziemeļk., 704., 384.	372210, 362547	0.6	84 Dm	*Heterobasidion* sp. konstatēts 1 priedei un 1 eglei. Kopā konstatētas 27 nokaltušas priedes un 3 nokaltušas egles, paņemts paraugs.
Ziemeļk., 710., 90.	374558, 354406	0.8	94 As	23 nokaltušas priedes un 5 nokaltušas egles, daļa atzīmēto koku nokaltuši vairāk kā pirms 10 gadiem.
Ziemeļk., 701., 386.	364335, 370495	0.9	94 As	18 nokaltušas priedes.
Ziemeļk., 705., 374.	385651, 348402	1	84 Mr	17 nokaltušas priedes, paņemts koksnes paraugs.
Ziemeļk., 704., 385.	372938, 362724	0.9	84 Dm	*Heterobasidion* sp. konstatēts 5 eglēm, kopā konstatētas 28 nokaltušas priedes un 29 nokaltušas egles, paņemts koksnes paraugs.
Ziemeļk., 713., 11.	389061, 346673	1	84 Mr	44 nokaltušas priedes, paņemts koksnes paraugs.
Ziemeļk., 713., 398.	389120, 332372	1	94 Mr	4 nokaltušas priedes, 2 nokaltušas egles.
Dienvidk., 202., 423.	391277, 321327	0.9	92 Ks	Kopā konstatētas 24 nokaltušas priedes un 14 nokaltušas egles, paņemts koksnes paraugs.
Ziemeļk. 713., 11.	388895, 346838	0.6	84 Dm	Kaltuši koki nav konstatēti.
Kalsnavas mežu novads 210. kv. 2.,4.6. nog.	622123, 283583	15.0	104 Ln	Konstatētas 15 ar *Heterobasidion* sp. inficētas priedes, 19 inficēti kadiķi, 8 egles un 2 bērzi. Kaltušas 67 priedes, 49 kadiķi, 18 egles un 6 bērzi, bet augļķermeņi netika konstatēti.

2.2. Rezultāti

Ziemeļkurzemes un Dienvidkurzemes reģionos analizētajās audzēs *Heterobasidion* spp. infekcija konstatēta 4 jeb 12,9 % no apsekotajām audzēm. Tomēr nepieciešama lielāka paraugkopa, lai noteiktu *Heterobasidion* spp. sastopamību Latvijā. Tāpēc līdz 2020. gadam paredzēts apsekot vēl vismaz 70 audzes, lai iegūtu datus, kas raksturotu *Heteroabsidion* spp. izplatību priežu audzēs.

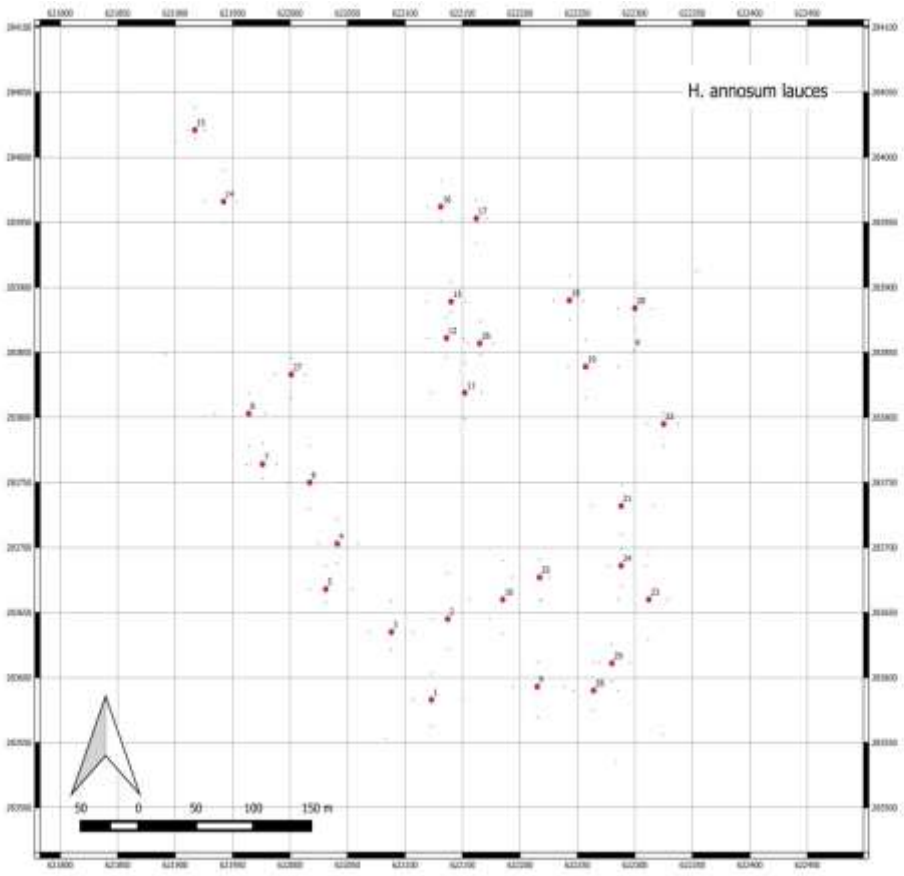
Kaltušo koku skaits vairāk kā pusē apsekoto audžu pārsniedza 20 kokus un nereti uzskaitīti pat 60 kaltuši koki. Priežu audžu inficēšanos ar sakņu piepi raksturo: koku kalšana, vēlāk veidojot lauces jeb atvērumus, vējgāzēs izgāzti koki, nokaltuši kadiķi pamežā un *Heterobasidion* spp. augļķermeņi uz sakņu kakla vai saknēm (Kurkela, 2002). Tomēr ne vienmēr var atrast izveidojušos sakņu piepes augļķermeņus (Kurkela, 2002). Piemēram, *P. contorta* audzēs tikai 50% inficēto koku konstatēti augļķermeņi (Zaļuma, 2011). *Armillaria* spp. augļķermeņi uz kaltušajiem kokiem netika konstatēti. Tāpēc papildus no kaltušajiem kokiem tika ievākti koksnes paraugi ar Preslera svārpstu. Nevienā no šiem paraugiem *Heterobasidion* spp. konīdijnesēji netika novēroti un *Armillaria* spp. micēlijs netika konstatēts. Jāatzīmē, ka koksnes paraugi tika ievākti tikai no viena kaltuša koka katrā kaltušo koku biogrupā. Iespējams turpmākajā darbā nepieciešams analizēt lielāku paraugu skaitu. Turklāt priežu nokalšanu var izraisīt tikai kambija inficēšanās (Woodward *et al.*, 1998), - kas izolēšanu no urbuma skaidiņas padara sarežģītu. Tāpēc vērtīgi būtu ievākt lielākus koksnes paraugus (celmu ripas), kas ļautu pilnīgāk novērtēt koku bojāejas iemeslu. Priedēs sakņu piepe reti izplatās augstāk par 1 m (Woodward *et al.*, 1998), tāpēc paraugi ir jāņem celma augstumā vai sakņu sistēmā. Audzēs tika konstatēti arī celmi, kas liecina, ka pastāv iespēja, ka daļa inficētie koki krājas kopšanas cirtēs ir nocirsti. Literatūrā minēts, ka inficētas pieaugušas priedes var saglabāt dzīvotspēju vairākus gadus, turpretī jaunaudzēs koki var nokalst pat vienas sezonas laikā (Woodward *et al*., 1998; Gonthier, Thor, 2013). Tātad iespējams, ka daļa inficēto koku vēl ir saglabājuši vitalitāti. Jāņem vērā, ka koku kalšanu izraisa arī citas slimības, kuru izraisītie simptomi var būt līdzīgi, piemēram, *Gremmeniella abietina.* Ne tikai sēņu izraisītas slimības izraisa koku kalšanu, bet arī citi biotiski un abiotiski faktori. Piemēram, hidroloģiskais režīms, kukaiņu radītie bojājumi utt.

Inficēto un veselo koku attiecība ir svarīga, lai noteiktu audzes inficētību un pieņemtu lēmumu par tās saglabāšanu vai nociršanu. Pētījumos tiek apgalvots, ka audze atzīstama par nocērtamu, ja ikgadējā kalstošo koku krāja pārsniedz ikgadējo pieaugumu (Kurkela, 2002). Turklāt nepieciešams aprēķināt, cik liels infekcijas potenciāls saglabājas jaunajā koku

paaudzē. Piemēram, T. Kurkela (2000) uzskata, ka inficēto *P. sylvestris* skaits audzē ir tieši atkarīgs no inficēto iepriekšējās paaudzes celmu daudzuma. Egļu jaunaudzēs un vidēja vecuma audzēs ar *H. annosum* inficēto koku skaits var būt pat divreiz lielāks nekā inficēto celmu skaits (Piri, 1996).

Kalsnavā apsekotajā audzē atzīmētas 29 lauces (2.1. attēls), 26 no tām atrasti *H. annosum* augļķermeņi uz priedēm, kadiķiem, bērziem vai eglēm. Kopējais sporulējošo jeb jauno augļķermeņu laukums aizņēma 944 cm^2. Latvijā veiktos pētījumos konstatēts, ka oktobra sākumā tieši zem augļķermeņa uz vienu dm^2 stundas laikā izdalās vidēji 367 164 sporu (K. Kenigsvalde, nepubl. dati). Laucēs tika uzskaitīti tās perimetrā konstatētie kaltušie koki - kaltušas priedes, egles un bērzi -, bet lauču vidū nokaltušie kadiķi. Tika atzīmētas arī simptomātiskās priedes - tādas, kuru vainaga stāvokļa vitalitāte raksturota kā pazemināta, kopā 82 koki. Vidēji viena lauce (no 29 uzskaitītajām) aizņēma 1083 m^2 (lauču rādiuss variēja no 9 līdz 30 m), bet visas lauces kopā aizņēma 31 421 m^2 jeb 21 % no apsekotās teritorijas (*Heterobasidion* spp. tika konstatēts 26 laucēs - 28 829 m^2 (19,2 % no 15 ha)). Literatūrā minēts, ka patogēns (viens genotips) parasti kolonizē teritoriju līdz 50 m diametrā (Stenlid, Redfern, 1998).

Kurzemes reģionā apsekotajās audzēs, kur tika konstatētas *Heterobasidion* spp., vidēji viena lauce (lauces diametrs variēja no 13,5 līdz 32,5) aizņēma 415 m^2 jeb 4% no hektāra. Iegūtos datus par lauču izmēru iespējams izmantot, lai aprēķinātu nokaltušo koku skaitu, ja ir zināma sākotnējā biezība. Datus var izmantot, lai aprēķinātu zaudējumus un prognozētu inficēto koku daudzumu nākošajā koku paaudzē.



2.1. attēls. Kalsnavas mežu novada 210. kv. 2., 4., 6. nog. konstatēto lauču izvietojums.

Lai noteiktu augošo inficēto koku īpatsvaru lauču malās, nepieciešams paņemt koksnes paraugus no kokiem pēc to nociršanas.

2.3.Secinājumi

1. Ziemeļkurzemes un Dienvidkurzemes reģionā sakņu piepe tika konstatēta 12,9 % analizēto priežu audžu, vienā inficētajā audzē konstatētas viena līdz divas lauces uz ha, lauces rādiuss bija vidēji 12 m.
2. Audzēs, kuras raksturo augsts sakņu piepes infekcijas potenciāls ar *Heterobasidion* inficētā platība var sasniegt piekto daļu no teritorijas.

3. Sakņu piepes genotipu izplatības novērtējums stipri inficētā priežu jaunaudzē

Lai izvērtētu sakņu piepes attīstības dinamiku, 2016. gadā ierīkots ilglaicīgs parauglaukums *Pinus sylvestris* 13 gadus vecā jaunaudzē, sākotnējie rezultāti aprakstīti jau 2016. gada starpziņojumā.

3.1. Materiāls un metodika

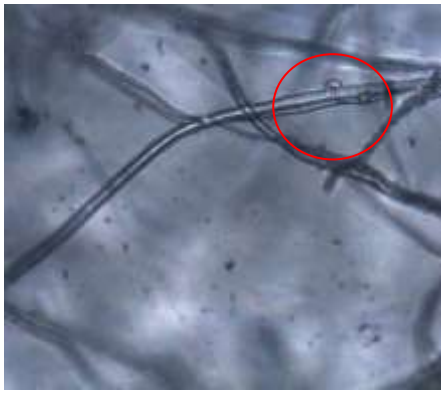
Parauglaukums atrodas Kuldīgas novadā, Rumbas pag., Manģenes apgaitas 1. kv. 4. nogabalā - saimniecība "Dzērves" (Z. pl. 57.0652421, A. g. 21.9561080), meža tips – damaksnis, kopējā platība 0,5 ha, audzes sastāvs 9P 1B. Pirmā kopšana priežu audzē veikta 2012. gadā. Ierīkotā parauglaukuma platība apm. 0,24 ha, tajā 2016. gadā, izmantojot tālmēru un busoli, kartēti visi augošie, nokaltušie koki, celmi. No celmiem atkārtoti tika ņemti paraugi 2016. gada augustā (3.1. attēls). Laboratorijas un lauka darbu metodika detalizēti aprakstīta 2016. gada starpziņojumā.

3.1. attēls. Atrakts *P. sylvestris* celms, koksnes paraugi tiek ņemti no saknēm; 2 mēnešus pēc sakņu pārzāģēšanas uz tām izveidojušies augļķermeņi.

Lai noskaidrotu, kura *Heterobasidion* spp. suga izraisījusi koku kalšanu, izmantoti homokariotiski *H. annosum* un *H. pavirporum* sugu testeri no Somijas dabas resursu institūta "Luke" (*Luke, Natural resources institute Finland*) izolātu kolekcijas (K. Korhonen, T. Piri). Vizuāli novērtētas kultūras pēc morfoloģiskajām pazīmēm, noteikts, vai veidojas demarkācijas līnija, mikroskopiski analizēta arī sprādžu sastopamība micēlijā.

3.2. Rezultāti

Pēc atkārtotu paraugu ievākšanas *H. annosum* infekcija konstatēta 30 analizētajos koksnes paraugos. Tīrkultūras izdevās izdalīt no 10 paraugiem, kas iegūti no nokaltušiem kokiem (inficēti bija 24), un no 3 paraugiem, kas izdalīti no iepriekšējās ģenerācijas celmiem (inficēti bija 6). Koki tika atzīmēti kā "inficēti", ja pie sakņu kakla tika konstatēti veci, sadalījušies augļķermeņi, tomēr atsevišķos gadījumos patogēnu izolēt neizdevās, jo koksni jau bija kolonizējuši citi mikroorganismi. Iespējams, inficēto koku skaits būtu bijis vēl lielāks, ja 2012. gadā netiktu veikta kopšanas cirte. Lielāka daļa no izdalītajiem izolātiem bija *Heterobasidion annosum* s.s. Atsevišķi izolāti veidoja sprādzes (sprādzes tiek izmantotas, lai mikroskopiski noteiktu sēņu piederību konkrētai sugai, ja veidojas sprādzes (3.2. attēls), sakrustojot pārbaudāmo izolātu ar homokariotisku kultūru, abi izolāti pieder vienai sugai) ar abiem patogēniem, šiem izolātiem tiks atkārtoti veikta krustošana ar homokariotisku *H annosum* un *H. pavirporum* sugu testeri.



3.2. attēls. *Heterobasidion annosum* sprādze.

2016. gada vasarā, veicot genotipu analīzi, audzē konstatēti 10 atšķirīgi genotipi. Lielākais no izdalītajiem genotipiem iekļāva 3 kokus, bet pārējie genotipi bija pārstāvēti ar vienu koku.

Mazu dimensiju priežu jaunaudzēs inficēšanās risks ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām ir niecīgs (vidēji 18,7%) un dzīvotspējīgs micēlijs vairs nav konstatējams mazu dimensiju priežu celmos vienu līdz trīs gadus pēc kopšanas (Gaitnieks, 2014). Nedzīvā koksnē, piemēram, celmu saknēs (darbā analizēta sakņu piepes attīstība *P. abies*) sakņu piepe attīstās ar ātrumu 0.24 - 0.25 m gadā, turpretī augošu (dzīva koksne) *P. abies* saknēs *H. annosum* vidējā izplatība nepārsniedz 0.09 m gadā (Bendz-Hellgren *et al.*, 1999). Minētā informācija pierāda, ka sakņu piepe ar bazīdijsporām reti inficē priežu celmus pēc priežu jaunaudžu kopšanas un 4 gadi ir pārāk īss laiks, lai sakņu piepe izplatītos līdz blakus augošiem kokiem un tos kolonizētu. Tātad varam secināt, ka 2016. gadā analizētajā audzē konstatētie inficētie koki ir inficējušies ar sakņu piepi sakņu kontaktu ceļā no iepriekšējās paaudzes celmiem, kas ir nozīmīgs infekcijas avots (Stenlid, Redfern, 1998).

3.3. Secinājumi

Heterobasidion annosum genotipu skaitu un lielumu priežu jaunaudzēs ietekmē iepriekšējās paaudzes inficēto celmu daudzums.

4. *Heterobasidion annosum* izplatības salīdzinājums mākslīgi un dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs

Latvijā veiktos pētījumos ir noskaidrots, ka egļu audzēs trupējušu celmu īpatsvars var variēt no 0 līdz 83%, vidēji sasniedzot 22%; visbiežāk sakņu trupi izraisa sakņu piepe *Heterobasidion* spp. (Arhipova *et al.,* 2011). Zināms, ka sakņu piepe izplatās: a) ar bazīdijsporām, b) ar sakņu kontaktiem (Redfern, Stenlid, 1998), tātad trupējušie celmi ir infekcijas avots jaunās paaudzes kokiem. Lai iegūtu informāciju par parasto priežu inficēšanos ar sakņu piepi, nepieciešams ne tikai apsekot pieaugušas priežu audzes, bet arī jaunaudzes, kuru vecums nepārsniedz 20 gadus. Iepriekš veiktos pētījumus ir konstatētas atšķirības sakņu piepes sastopamībā dabiski un mākslīgi atjaunotās priežu audzēs.

4.1. Materiāls un metodika

2016. gadā tika apsekotas septiņas mākslīgi atjaunotas (4.1. tabula) un sešas dabiski atjaunotās priežu jaunaudzes (4.2. tabula). Audžu sastāvs – 10P.

4.1.1. Lauka darbu metodes

Katrā no audzēm, atkarībā no tās platības un biezības, izmantojot 4-8 transektes (10 m platas), tika uzskaitīti visi kaltušie koki un koki, kuriem konstatēta inficēšanās ar *Armillaria* spp. vai *Heterobasidion* spp. Lai konstatētu koku inficēšanos, tika atrakts koka sakņu kakls un novērtēta augļķermeņu sastopamība visiem simptomātiskajiem (nokaltušajiem un kalstošajiem kokiem), bet nokaltušajiem kokiem tika nolobīta miza, lai konstatētu *Armillaria* sp. micēliju zem mizas. No kaltušu koku biogrupām bez jebkādām inficēšanās pazīmēm tika paņemti koksnes paraugi, kas tika nogādāti LVMI Silava.

Papildus minētajiem darba uzdevumiem (saņemot informāciju no AS LVM mežkopības virziena speciālistiem) tika apsekota arī divus gadus veca priežu jaunaudze Dienvidkurzemes mežsaimniecībā, Akmensraga iecirknī 203. kv. apg., 308. Kv. (koord.: 320914, 287751), lai noskaidrotu koku kalšanas iemeslu.

4.1.2. Laboratorijas darbu metodes

Ripas tika nomizotas un nomazgātas zem tekoša ūdens. Pēc tam, ripas ievietoja atvērtos polietilēna maisiņos un ripas inkubēja vienu nedēļu istabas temperatūrā. Pēc septiņu dienu inkubācijas ripas analizēja, izmantojot stereomikroskopu LEICA MZ 16. Uz katras ripas tika nostiprināts režģis ar rūtiņa malas garumu 0,7 centimetri. Ja režģa rūtiņā tika novēroti atsevišķi *H. annosum* konīdijnesēji vai to grupas, tie tika atzīmēti uz ripas virsmas ar ūdensizturīgas krāsas flomāsteri.

Akmensraga iecirknī tika ievākti kalstošu stādu paraugi, ar atšķirīgu kalšanas intensitāti. Simptomi liecināja, ka kalšanu izraisa patogēns, kas sastopams tikai virszemes daļās. Tāpēc 10 dzinumiem tika nogrieztas skujas un tie tika inkubēti istabas temperatūrā vienu mēnesi. Nogrieztās skujas tika uzliktas uz iesala agara barotnēm, katrā barotnē uzlikti 5 skuju paraugi. Paraugi inkubēti gan istabas temperatūrā, gan +4 ºC.

4.2. Rezultāti

Divās mākslīgi atjaunotās priežu jaunaudzēs (4.1. tabula) un trijās dabiski atjaunojušās audzēs (4.2. tabula) jeb 38% no apsekotajām audzēm tika konstatēti *Heterobasidion* spp. augļķermeņi. 2012. - 2014. gadā ar *Heterobasidion* spp. inficētas bija 57% no apsekotajām (42) audzēm (Gaitnieks, 2014). Konstatēts, ka 2016. gadā inficēto koku skaits audzē variēja no 1 līdz 26 kokiem (1-12 koki/ha).

4.1. tabula. Mākslīgi atjaunoto priežu jaunaudžu raksturojums

Reģions, kv. apg., kv.	**Koord. LKS 92 X, Y**	**Platība, ha**	**Vecums, gadi, meža tips**	**Piezīmes**
Dienvidk.,206., 408.	381130, 282209	2.2	14 Ln	26 kokiem konstatēta inficēšanās ar *Heterobasidion annosum.* Trīs kokiem netika konstatētas inficēšanās pazīmes. Kopšana audzē veikta pirms 2 gadiem.
Dienvidk., 206., 279.	382549, 297501	1.5	11 Ln	Netika konstatēti nokaltuši koki, jo kopšana audzē veikta 2016. gadā.
Dienvidk., 202., 318.	377636, 321674	1.2	12 Ln	Audzē atzīmēta 1 kaltusi, 4 dzīvnieku bojātas parastās priedes.
Dienvidk., 206., 8.	386995, 316707	2.2	14 Ln	Kopā konstatētas 88 lūzušas un pēc tam nokaltušas priedes, kā arī 53 kaltušas priedes. Audze nav kopta.
Dienvidk., 206., 224.	387212, 302756	2.8	14 Ln	Tika konstatēts 1 nokaltis koks, kopšana audzē veikta pirms 2 - 3 gadiem.
Ziemeļk.,713., 48.	376268, 340459	1.6	11 Ln	Audzē konstatētas 2 nokaltušas priedes, kopšana audzē veikta pirms 3 gadiem.
Daugavas mežniecības 262.	530550, 293379	2.0	10 Mr	Apsekojot audzi, 13 kokiem konstatēts *H. annosum*, 7 koki nokaltuši, bet simptomi netika novēroti, audzē kopšana nav veikta.

Iespējams kaltušo un inficēto koku skaits būtu vēl lielāks, ja atsevišķās audzēs iepriekš nebūtu tikusi veikta mežsaimnieciskā darbība.

4.2. tabula. Dabiski atjaunoto priežu jaunaudžu raksturojums

Reģions, kv. apg., kv.	**Koord. X, Y**	**Platība, ha**	**Vecums, gadi**	**Piezīmes**
Dienvidk.,206., 523.	386472, 285796	1.0	14 Ln	Konstatēta 1 kaltusi un viena kalstoša priede, kopšana veikta pirms apmēram 2 gadiem.
Dienvidk.,202., 318.	377798, 321737	1.9	12 Ln	Audzē uzskaitītas 3 kaltušas priedes.
Dienvidk., 202., 169.	394369, 329547	2.9	11 Ln	Audzē konstatētas 4 ar *Heterobasidion* spp. inficētas priedes un 12 kaltušas priedes, audzē kopšana nav veikta.
Dienvidk., 202., 166.	392569, 330294	1.7	11 Ln	Audzē konstatētas 5 ar *Heterobasidion* spp. inficētas priedes un 14 kaltušas priedes. Audze nav kopta.
Dienvidk.,202., 470.	390739, 319480	0.9	12 Ln	Audzē konstatētas trīs kaltušas un deviņas nolūzušas priedes, kopšana audzē veikta pirms 2 gadiem.
Dienvidk., 202., 169.	394176, 329764	1.3	11 Ln	Audzē konstatēta 1 ar *Heterobasidion* spp. inficēta priede un 9 kaltušas.

Iepriekš veiktos pētījumos konstatēts, ka sakņu piepe retāk konstatēta dabiski atjaunotās audzēs (Gaitnieks, 2014), tomēr 2016. gadā iegūtie dati neliecina par šādām atšķirībām (divas inficētas mākslīgi atjaunotas audzes un trīs inficētas dabiski atjaunotas audzes). Konstatēts, ka inficēto koku skaits bija lielāks inficētajās mākslīgi atjaunotajās audzēs (7 - 13 inficēti koki uz ha), salīdzinot ar inficēto koku skaitu dabiski atjaunotās audzēs (1 - 2 inficēti koki uz ha). Audzes inficētība ir tieši atkarīga no inficēto celmu īpatsvara, kas saglabājies no iepriekšējās ģenerācijas (Kurkela, 2000), kā arī audzes biezības (Stenlid, 1987). Dabiski atjaunotās audzēs biezība nereti ir mazāka, tāpēc sakņu kontaktu veidošanās notiek retāk, un netiek veicināta *Heterobasidion annosum* izplatība sakņu kontaktu ceļā. Turklāt mākslīgi atjaunotajās priežu jaunaudzēs koku stādīšana notiek arī blakus trupējušiem celmiem, kas ir tiešs infekcijas avots.

Atsevišķās audzēs tika konstatētas arī *Armillaria* spp. rizomorfas uz kaltušiem kokiem, bet, tā kā koki bija nokaltuši jau vairāk kā pirms gada, nebija iespējams noteikt, vai sēne kolonizējusi koku pirms vai pēc nokalšanas.

Akmensraga iecirknī apsekotajā audzē no skujām tika izdalīts *Sirococcus conigenus* (noteikts pēc augļķermeņu un sporu morfoloģiskajām pazīmēm, un tīrkultūras raksturojuma) (4.1., 4.2. attēls).

4.1. attēls. *Sirococcus conigenus* spora, izmērs 10-15 x2-3 µm.

4.2. attēls. *Sirococcus conigenus* augļķermeņi.

Audzē tika uzskaitīts, ka vismaz 40% stādu inficēti ar *Sirococcus conigenus*. Konstatētā sēne izraisa dzinumu galotņu iekalšanu - skujas galotnē kļūst brūnas, tiek inficēts arī stādu stumbrs un tas noliecas, veidojot lietussarga formu, bet uz atmirušajām daļām veidojas augļķermeņi. Sēne pārziemo atmirušajās augu daļās. *Sirococcus conigenus* saimniekaugi var būt gan *Cedrus, Larix, Picea, Pinus,* Polijā veiktā pētījumā šis patogēns konstatēts uz eglēm, tas var izraisīt ne tikai skuju atmiršanu, bet arī var inficēt čiekurus un skujas (Kowalski, 2010).

4.3. Secinājumi

2016. gadā sakņu piepe tika konstatēta gan mākslīgi, gan dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs.

5. *Heterobasidion* spp. un *Phlebiopsis gigantea* micēlija attīstības novērtējums (bazīdijsporu infekcija) maza diametra (<10 cm) skuju koku celmos

Gunulf et al. (2013) pētījumā par maza diametra egļu celmiem, mākslīgi inficējot celmus ar *Heterobasidion* spp., pēc pieciem gadiem konstatēta *Heterobasidion* spp. infekcijas izplatība blakus esošajos kokos. Iepriekš minētais pierāda, ka maza diametra celmi ir pietiekami uzņēmīgi un to sakņu sistēmas attīstītas, lai *Heterobasidion* spp. varētu izplatīties uz blakus esošajiem kokiem. Tomēr mākslīgi inficējot celmus ar *Heterobasidion* spp. sporām tie tiek pakļauti lielai sporu koncentrācijai. Dabiskā infekcija ne vienmēr ir tik intensīva, un tās gadījumā par viena celma virsmas kolonizēšanu savā starpā konkurē dažādi *Heterobasidion* spp. genotipi, un šī konkurence ierobežo *Heterobasidion* spp. micēlija attīstību dziļāk koksnē (Redfern, 1997). Tādēļ svarīgi izvērtēt dabiskās *Heterobasidion* spp. infekcijas saglabāšanos celmos un tās potenciālu nonākt blakus augošajos kokos.

5.1. Metodika

Tā kā maza diametra (<10 cm) celmu nozīme *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu infekcijas izplatībā jaunaudzēs nav līdz galam izpētīta, tad, turpinot iepriekšējos gados iesāktos pētījumus, analizēta *Heterobasidion* spp. micēlija attīstība maza diametra skuju koku celmos trīs gadus pēc koku zāģēšanas. Divos egļu un divos priežu parauglaukumos veikta 18 – 20 ar *Heterobasidion* spp. inficēto (visi celmi sākotnēji bija dabiski inficēti ar *Heterobasidion* spp.) celmu sazāģēšana 3 – 5 cm biezās ripās līdz celma sakņu kaklam. Ripas laboratorijā nomizotas, nomazgātas un 7 dienas inkubētas vaļējos politelēna maisos istabas temperatūrā. Katrā no celma iegūtajā ripā novērtēta *Heterobasidion* spp. konīdijnesēju sastopamība. Izmantojot stereomikroskopu izskatīts katrs ripas kvadrātcentimetrs.

5.2. Rezultāti

Analizētajos divos egļu parauglaukumos *Heterobasidion* spp. īpatsvars bija 5% un 30% (aizņemtais laukums analizētajās ripās 0,61 - 53,26%), bet *Heterobasidion* spp. netika konstatēts priežu celmos. *P. gigantea* atzīmēta 5% un 10% analizēto egļu celmu un 30% un 40% priežu celmu; aizņemtais laukums analizētajās egļu un priežu koksnes ripās bija

attiecīgi: 0,77 – 96,06% un 0,04 – 35,58%. Priežu celmi bija gandrīz bez mizas un koksne, salīdzinājumā ar egļu celmiem, bija daudz vairāk noārdīta, tādēļ arī *P. gigantea* aizņemtais laukums priežu celmos bija mazāks salīdzinājumā ar egles koksni. Egļu un priežu celmos bija sastopami arī dažādu citu koksni kolonizējošo sēņu micēliji. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* micēliji atzīmēti dažādos dziļumos no celma virsmas līdz pat celma sakņu kaklam. *Heterobasidion* spp. egles koksnē sasniedzis celma sakņu kaklu, līdz ar to pastāv iespēja, ka micēlijs attīstījies arī tālāk celma saknēs. Arī *P. gigantea* micēlijs sasniedzis sakņu kaklu gan egļu, gan priežu celmos.

Salīdzinot iegūtos rezultātus ar iepriekšējā gadā šajos pašos parauglaukumos konstatēto, secināts, ka laika gaitā *Heterobasidion* spp. sastopamība maza diametra skuju koku celmos samazinās. 2015. gadā vienā priežu parauglaukumā *Heterobasidion* spp. konstatēts 5% priežu celmu, 2016. gadā tas vairs netika konstatēts; egļu celmos sēnes sastopamība samazinājusies par 45% un 50%. *P. gigantea* sastopamība priežu celmos samazinājusies par 45% un 66%, egļu celmos palikusi nemainīga 5% un 10%. Iepriekš minētajam varētu būt vairāki iemesli: sēnes micēlijs pēc trīs gadiem vairs nav aktīvs; micēliju izkonkurējušas citas koksni kolonizējošās sēnes; celma koksne ir spēcīgi sadalījusies, un micēlijs ir izmantojis pieejamo substrātu. Tomēr iepriekš minētie iemesli neizslēdz iespēju, ka dzīvotspējīgs *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* micēlijs sastopams celmu saknēs. Lai par to pārliecinātos turpmākajā darbā paredzēts veikt celmu sakņu paraugu analīzi.

5.3. Secinājumi

1. Divos parauglaukumos *Heterobasidion* spp. micēlijs atzīmēts 5% un 30% maza diametra egļu celmu trīs gadus pēc celmu inficēšanās ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām; *P. gigantea* konstatēta 5% un 10% egļu celmu un 30% un 40% priežu celmu; *Heterobasidion* spp. vairs netika konstatēts priežu celmos.
2. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* micēlijs triju gadu laikā atsevišķos maza diametra skuju koku celmos sasniedzis celma sakņu kaklu.

6. Eksperimenta ierīkošana, lai novērtētu dažāda augstuma maza diametra priežu celmu uzņēmību pret *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu infekciju

Pasaulē ir salīdzinoši maz pētījumu par maza diametra celmu inficēšanos ar *Heterobasidion* spp. Ir analizēta egļu celmu inficēšanās ar sakņu piepes sporām (Paludan, 1966; Dimitri, 1971; Solheim, 1994; Berglund et al., 2007), bet praktiski nav pētījumu par *Heterobasidion* spp. infekcijas attīstību maza diametra priežu celmos. Ir zināms, ka priežu stādi inficējas ar *Heterobasidion* spp. caur sakņu kontaktiem no iepriekšējās paaudzes celmiem un var aiziet bojā dažu gadu laikā (rezultāti iegūti iepriekšējā LVM projekta 3. etapā 2013. gadā). Mūsu iepriekšējos pētījumos par sakņu piepes attīstību priežu celmos noskaidrots, ka pēc 1 – 3 gadiem vairākumā gadījumu dzīvotspējīgu micēliju nebija iespējams izdalīt (iepriekšējā LVM projekta rezultāti 1. etapā 2011. gadā).

Mikroklimats uz celma virsmas ir atkarīgs no celma augstuma - jo augstāk tiek nozāģēts celms, jo samazinās mitruma daudzums uz celma virsmas, kā arī ir mazāks virsmas laukums, uz kura nonākt *Heterobasidion* spp. sporām (Gunulf et al., 2012). Sēnei attīstoties augstos celmos nepieciešams ilgāks laiks, lai tā nonāktu līdz celma sakņu kaklam un tālāk inficētu blakus augošos kokus (Gunulf et al., 2012). Zviedru pētījumā, novērtējot 15 un 100 cm augstu maza diametra egļu celmu inficēšanos ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām, divus mēnešus pēc inficēšanās secināts, ka nav būtisku atšķirību infekcijas sākotnējā attīstībā starp dažādajiem celma augstumiem (Gunulf et al., 2012). Pēc Gunulf et al. (2012) pētījuma var izdarīt secinājums tikai par celmu sākotnējo inficēšanos. Arī mūsu iepriekš veiktajos pētījumos secināts, ka *Heterobasidion* spp. sākotnēji attīstās gan 30 cm, gan 70 cm augstos egļu celmos (rezultāti iegūti iepriekšējā LVM projekta 1. etapā 2011. gadā un 3. etapā 2013.gadā). Tomēr jāņem vērā citu autoru pētījumos konstatētais, ka *Heterobasidion* spp. sākotnējā infekcija celmos var būt augsta tomēr laika gaitā tā samazinās (Paludan, 1966; Dimitri et al., 1971; Solheim, 1994).

Viens no mežsaimnieciskajiem paņēmieniem *Heterobasidion* spp. izplatības ierobežošanai ir sastāva kopšanas cirtes veikšana gada aukstajā periodā, kad nenotiek *Heterobasidion* spp. sporulācija. Tomēr ņemot vērā, ka klimata izmaiņu rezultātā veģetācijas sezona pagarināsies, būtu svarīgi izvērtēt arī citas iespējas infekcijas risku samazināšanai.

6.1. Metodika

Lai novērtētu *Heterobasidion* spp. dabiskās infekcijas (bazīdijsporu) attīstību dažāda augstuma maza diametra priežu celmos, augusta beigās ierīkots eksperiments 3 priežu jaunaudzēs LVMI Silava un LLU valsts zinātniskās izpētes mežu apsaimniekošanas aģentūras "Meža pētīšanas stacija" mežos. Augusta mēnesī *Heterobasidion* spp. bazīdijsporu koncentrācija gaisā ir viena no augstākajām (Brūna et al., 2015). Šī eksperimenta mērķis ir izvērtēt, vai augstāku celmu atstāšana ļautu samazināt *Heterobasidion* spp. micēlija iespējas nokļūt līdz celma sakņu kaklam un sakņu sistēmā, tādējādi infekcijas riskam pakļaujot blakus esošos augošos kokus.

Noteiktā jaunaudzes platībā izvēlētas priedes ar diametru 4 – 10 cm un nozāģētas atstājot 15 vai 50 cm augstus celmus. Katrs celms marķēts ar plastikāta lenti. Viena audze atstāta tikai dabiskajai *Heterobasidion* spp. infekcijai, divās audzēs daļa no celmiem atstāta dabiskai infekcijai, bet daļa apstrādāta ar *Heterobasidion* spp. konīdijsporām, ja dabiskās sporu infekcijas līmenis būs bijis zems. Pavisam trīs audzēs nozāģēti 180 koki. Laiks eksperimenta ierīkošanas dienā bija daļēji mākoņains, bez nokrišņiem, diennakts vidējā gaisa temperatūra + 17 ^{o}C. Nākamā gada laikā no celmiem tiks ievākti koksnes paraugi un analizēta *Heterobasidion* spp. micēlija sastopamība.

7. Trupējušas koksnes daudzuma noteikšana egļu audzēs

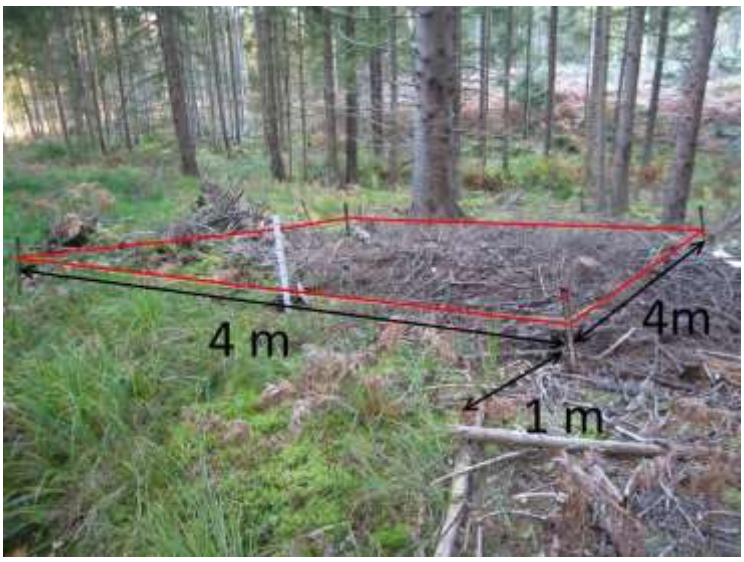
Svaigas, trupējušas egles koksnes atstāšana mežā var veicināt trupes sēņu izplatību audzē (Müller et al., 2007; Stivriņa u.c., 2010).

7.1. Metodika

Lai novērtētu mežizstrādes rezultātā mežā atstātās trupējušās egles koksnes atlieku daudzumu, Ziemeļkurzemes un Dienvidkurzemes reģionos izvēlēti 12 nogabali, kur iepriekš veikta krājas kopšanas cirte un 12 nogabali, kur iepriekš veikta galvenā cirte. Apsekošanai izvēlētajos nogabalos mežizstrāde veikta 2016. gadā, egles koeficients audzes sastāva formulā bija lielāks par 7; apsekoti meža tipi sausieņu, slapjaiņu un nosusinātajos meža augšanas apstākļos.

Iepriekš bija plānots apsekot cirtes 3 – 5 gadus pēc mežizstrādes, lai varētu atliekās izvērtēt arī sēņu sugu sastopamību. Tomēr veicot izpēti, konstatēts, ka 3 - 5 gadus pēc mežizstrādes ir grūti novērtēt atlieku sākotnējo trupējuma pakāpi zāģēšanas brīdī. Tādēļ mainīts sākotnējais uzstādījums un apsekošanai izvēlētas 2016. gadā zāģētas audzes.

Katrā apsekojamā nogabalā uz pievešanas ceļa ik pa 40 metriem izvietots 4x6 metru parauglaukums, ietverot pievešanas ceļu un vēl vienu metru uz abām pusēm no pievešanas ceļa (7.1. attēls).



7.1. attēls. Uz pievešanas ceļa ierīkotais parauglaukums.

Parauglaukumi ierīkoti uz pievešanas ceļiem tādēļ, ka tur tiek atstāta lielākā daļa mežizstrādes atlieku. Analizētajos nogabalos ierīkoti 5 - 27 parauglaukumi. Parauglaukumu skaits nogabalā bija atkarīgs no nogabala platības un kopējā pievešanas ceļu garuma. Katrā parauglaukumā uzmērītas (diametrs, garums) visas egles mežizstrādes atliekas, kuru diametrs lielāks par 10 cm, atzīmējot, vai atlieka ir svaiga, trupējusi, sausa, spēcīgi sadalījusies utt. Lai katrā apsekojamā nogabalā pirmais parauglaukums vienmēr neatrastos audzes malā, pirmā parauglaukuma ierīkošanai nejauši (pēc iepriekš aprēķināta nenoteiktības principa) izvēlēts attālums no pievešanas ceļa sākuma.

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

Krājas kopšanas cirtes								
Nr.	**Kvartāla apgabals**	**Kvartāls**	**Meža tips**	**Vecums, gadi**	**Egles koeficients***	**Platība, ha**	**Nogabala centra koordinātes**	
							X	**Y**
1	206	524	Dms	42	9	1.5	386773	286020
2	206	353	Dm	47	8	1.2	386178	287661
3	206	364	Ks	52	8	0.6	384457	287232
4	207	129	Kp	41	10	1.6	389623	295748
5	202	612	As	52	10	1.2	399276	315024
6	701	425	As	42	9	1.9	362421	367366
7	710	306	Dm	40	10	2.1	380552	340681
8	202	507	Vr	42	10	1.9	397201	319091
9	202	453	As	42	8	1.5	396285	321574
10	206	367	Dms	42	8	1.4	385675	286592
11	202	507	As	42	8	0.8	397084	319286
12	206	83	Dms	49	9	1.7	394987	315478
Galvenās cirtes								
13	208	81	As	87	8	0.9	419899	291500
14	713	255	Dms	109	8	1.3	376182	333419
15	207	223	Vr	82	8	1.1	396447	292703
16	211	429	Vrs	97	10	2.0	396630	265615
17	704	219	As	129	8	1.1	369458	356247
18	710	286	Dm	114	8	0.7	377411	343712
19	710	286	Dm	114	8	2.1	377380	344000
20	710	237	Dm	84	9	0.3	378820	348912
21	208	14	As	92	8	0.4	416937	294564
22	201	55	Dm	82	8	0.9	363285	329234
23	203	102	As	149	8	1.9	341751	309226
24	204	195	Dm	89	10	2.0	358520	295228

*audzes sastāva formulā

7.2. Rezultāti

Mežizstrādes atliekas uzskaitītas 184 parauglaukumos pēc krājas kopšanas cirtes un 134 parauglaukumos pēc galvenās cirtes; parauglaukumos kopā uzmērītas attiecīgi 324 un 285 egles mežizstrādes atliekas. Lielāko daļu no uzmērītajām mežizstrādes atliekām sastādīja svaiga egles koksne (7.2.tabula). Svaigas, trupējušas egles atliekas sastādīja 19% un 9% no uzmērītajām egles atliekām krājas kopšanas cirtē un galvenajā cirtē.

7.2. tabula. Analizēto mežizstrādes atlieku raksturojums krājas kopšanas un galvenajā cirtē.

Mežizstrādes atlieku raksturojums	Mežizstrādes atlieku īpatsvars, %	
	Krājas kopšanas cirte	Galvenā cirte
Svaiga	58	65
Svaiga trupējusi	19	9
Sausa	18	15
Svaiga galotne	5	10

Vairākums mežizstrādes atlieku (diametrs lielāks par 10 cm), kas konstatētas krājas kopšanas un galvenajās cirtē bija atzāģētās blīzuma[1] daļas (7.2. attēls) un galotnes, kas īsākas par 3 metriem.

7.2. attēls. Mežizstrādes atliekas Dm meža tipā galvenajā cirtē.

Parauglaukumos konstatētas arī nolauztas, izgāztas egles un spēcīgi sadalījušās egles koksnes kritalas. Tā kā sēņu augļķermeņu attīstībai uz svaigām, trupējušām egles koksnes atliekām nepieciešami optimāli mitruma apstākļi, tad vislielākā vērība būtu jāpievērš mežizstrādes atliekām slapjaiņu meža tipos, jo tajos mikroklimats ir vispiemērotākais trupi

[1] koka stumbra apakšējā daļa, kur stumbrs sazarojas saknēs, veidojot strauju caurmēra palielinājumu.

izraisošo sēņu attīstībai. Svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atlieku dimensijas krājas kopšanas un galvenajā cirtē atspoguļotas 7.3. tabulā.

7.3. tabula. Mežizstrādes atlieku dimensiju raksturojums krājas kopšanas un galvenajās cirtēs.

Krājas kopšanas cirte				
Raksturojošais parametrs	**Mežizstrādes atlieku raksturojums**			
	Svaiga	**Svaiga trupējusi**	**Sausa**	**Svaiga galotne**
Diametrs, cm				
vidējais	16	16	14	10
min - max*	10-40	10-34	10-30	10-11
Garums, cm				
vidējais	56	71	121	131
min - max	2-302	2-256	22-298	25-297
Galvenā cirte				
Diametrs, cm				
vidējais	25	20	17	12
min - max	10-68	10-43	10-41	10-24
Garums, cm				
vidējais	64	81	135	137
min - max	2-292	6-276	30-295	11-290

*minimālais - maksimālais

Lielu dimensiju (ø>30 cm) svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atliekas sastādīja 8% krājas kopšanas cirtē un 19% galvenajā cirtē no visām uzskaitītajām svaigajām, trupējušajām atliekām.

Vidējais svaigo, trupējušo egles koksnes atlieku skaits krājas kopšanas cirtē vienā parauglaukumā (4x6 m uz pievešanas ceļa) apsekotajos sausieņu meža tipos bija 0,3, slapjaiņos – 0,3, kūdreņos – 1,3 un āreņos – 0,1, savukārt galvenajā cirtē attiecīgi: sausieņos 0,2, slapjaiņos 0,3 un āreņos – 0,2.

Uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums bija vidēji 2,25 m^3 ha^{-1} krājas kopšanas cirtē un 5,23 m^3 ha^{-1} galvenajā cirtē, no tā svaigu, trupējušu atlieku daudzums bija attiecīgi: 0,46 m^3 ha^{-1} (20%) un 0,43 m^3 ha^{-1} (8%). Lielu dimensiju (ø>30 cm) svaigas, trupējušas egles mežizstrādes atlieku daudzums uz pievešanas ceļiem bija vidēji 0,11 m^3 ha^{-1} krājas kopšanas cirtē un 0,12 m^3 ha^{-1} galvenajā cirtē, attiecīgi: 5% un 2% no vidējā uz pievešanas ceļiem atstātā analizēto mežizstrādes atlieku daudzuma.

Slapjaiņos lielākā daļa koksnes atlieku bija iespiestas augsnē pievešanas ceļos, lai meža tehnika spētu pārvietoties pa audzi. Savukārt sausieņos atzāģētās blīzuma daļas atradās uz/blakus pievešanas ceļiem, un uz tām pastāv maza iespēja attīstīties trupi izraisošām sēnēm

nepiemērotā mikroklimata dēļ. Īpaši galvenajā cirtē šādas atzāģētās blīzuma daļas varētu ātri izkalst un tiktu samazināta sēnes micēlija tālākā attīstība.

Apsekotajos parauglaukumos kūdras augsnēs (Ks un Kp) krājas kopšanas cirtē konstatētas koksnes atliekas, kas lielākoties nav mežizstrādes rezultāts, tās iepriekš ietekmējoši kādi citi faktori, un tās ir spēcīgi sadalījušās, tajās atzīmēta parastā apmalpiepe *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst.

Mūsu iepriekš veiktajos pētījumos secināts, ka trupējušās daļas aizņemtais laukums no atliekas šķērsgriezuma laukuma ietekmē augļķermeņu veidošanos uz trupējušām egles koksnes mežizstrādes atliekām Kp meža tipā, tajā skaitā 30 cm garām lielu dimensiju mežizstrādes atliekām - jo lielāks trupējušās daļas laukums, jo lielāks augļķermeņu aizņemtais laukums (rezultāti iegūti iepriekšējā LVM projekta 1. etapā 2011. gadā). Iepriekš minētais pierāda, ka piemērotos apstākļos arī uz liela diametra svaigām, trupējušām egles atliekām, kuru garums nepārsniedz 30 cm, veidojas *Heterobasidion* spp. augļķermeņi. Līdz ar to atsevišķos meža tipos (piemēram, Kp un Gr) svaigas, trupējušas (ar *Heterobasidion* spp. inficētas) atzāģētās blīzuma daļas būtu uzskatāmas par potenciālu substrātu sakņu piepes attīstībai.

Latvijā iepriekš veiktos pētījumos noskaidrots, ka šaurlapju āreņa (As) un platlapju āreņa (Ap) meža tipos uz egles koksnes mežizstrādes atliekām veidojas mazāk augļķermeņu nekā vēra (Vr), gāršas (Gr) un platlapju kūdreņa (Kp) meža tipos (Stivriņa u.c. 2010). Bagātīgā veģetācija Vr, Gr un Kp meža tipos nodrošina paaugstinātu mitruma daudzumu (Stivriņa u.c., 2010). Mitrums un temperatūra ir stabilāki lielāku dimensiju mežizstrādes atliekās; augļķermeņu veidošanās ir ierobežota, ja mitrums atliekās ir pārāk mazs (Müller et al., 2007). Pētījumos Somijā (Müller et al., 2007) noskaidrots, ka uz galvenajā un kopšanas cirtē atstātas ar *Heterobasidion* spp. inficētas svaigas egles ciršanas atliekām 1 - 4 gadu laikā izveidojas *Heterobasidion* spp. augļķermeņi. Augļķermeņu veidošanos ietekmē trupes intensitāte ciršanas atliekā, atliekas dimensijas un kontakts ar augsni (pilnībā/ daļēji saskaras ar augsni vai iespiesta augsnē). Pētījumā Somijā meža vainaga klājumam nebija būtiskas ietekmes uz augļķermeņu veidošanos, kaut gan mitruma apstākļi galvenajā cirtē atšķiras no kopšanas cirtes mikroklimata. Minētajā pētījumā apskatīta arī augļķermeņu iespējamā veidošanās uz vizuāli veselām ciršanas atliekām - augļķermeņi izveidojušies tikai atliekās, kur sakņu piepe jau bijusi sākotnēji, nevis inficētām pēc izvietošanas analizētajās platībās.

LVMI Silava pētījumu projekta ietvaros šogad tika apsekota daļa no turpmāko gadu laikā apsekojamiem nogabaliem. Lai varētu izdarīt pārliecinošus secinājumus, būtu nepieciešams lielāks apsekoto nogabalu skaits. Lai pārliecinātos, cik lielā daļā no svaigas trupējušas egles koksnes mežizstrādes atliekām attīstās *Heterobasidion* spp. un citas trupi

izraisošās sēnes (piemēram, *Armillaria* spp., *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schwein.) Fr.), būtu nepieciešama šo nogabalu atkārtota apsekošana pēc 3 - 5 gadiem.

7.3. Secinājumi

Uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums bija vidēji 2,25 m^3 ha^{-1} krājas kopšanas cirtē un 5,23 m^3 ha^{-1} galvenajā cirtē, no tā svaigu, trupējušu atlieku daudzums bija attiecīgi: 0,46 m^3 ha^{-1} (20%) un 0,43 m^3 ha^{-1} (8%).

8. Bioloģisko un ķīmisko preparātu salīdzinājums sakņu piepes sporu infekcijas ierobežošanā

Latvijā celmu apstrādei tiek izmantots bioloģiskais preparāts, kas satur lielās pergamentsēnes *Phlebiopsis gigantea* sporas (Kenigsvalde u.c., 2011). Bioloģiskajam preparātam ir daudz priekšrocību: nebojā mežizstrādes tehniku, neatstāj būtisku ietekmi uz kukaiņiem un augiem, darbojas ilgtermiņā, jo uz apstrādātajiem celmiem izveidojas augļķermeņi, kuru sporas tālāk nonāk uz svaigi zāģētu celmu virsmas (Holdenrieder, Greig, 1998). Celmu apstrādei iespējams izmantot arī ķīmiskos preparātus - urīnvielu un borātus (Gonthier, Nicolotti, 2005). Apstrādājot celmus ar urīnvielu paaugstinās virsmas pH, un izveidojas nepiemēroti apstākļi *Heterobasidion* spp. sporu attīstībai (Johansson et al., 2002). Urīnvielas iedarbība uz celma virsmas var saglabāties 3 – 4 mēnešus (Johansson et al., 2002). Thor and Stenlid (2005) pētījumā konstatēts, ka urīnviela ir efektīvāka egles celmu aizsardzībā par *P. gigantea*. Celmu virsmas apstrāde ar urīnvielu tiek praktizēta arī Somijā un Lielbritānijā. Izvērtējot apstrādi ar urīnvielu, secināts, ka tā bojā mežistrādes tehniku (izraisa rūsēšanu), atstāj negatīvu ietekmi uz celmus apdzīvojošām sēņu sugu populācijām (Vasiliauskas et al., 2004), un apstrādes laikā daļa urīnvielas nolīst zemē apkārt celmam, tādējādi ietekmējot blakus esošos augus (Westlund, Nohrstedt, 2000).

P. gigantea augļķermeņi ir daudz jutīgāki pret izžūšanu, salīdzinājumā ar *Heterobasidion* spp. (Rishbeth, 1959). Mainoties klimatam un temperatūrām kļūstot ekstrēmākām, samazināsies arī *P. gigantea* konkurētspēja ar *Heterobasidion* spp. Šādā situācijā ķīmiskie preparāti būtu kā iespējama alternatīva bioloģiskajiem preparātiem *Heterobasidion* spp. ierobežošanā. *P. gigantea* saturošie preparāti ļoti labi aizsargā priedes koksni, bet egļu celmu apstrāde dažkārt ir neefektīva, un urīnvielas pielietojums varētu būt aktuāls tieši attiecībā uz sakņu piepes ierobežošanu egļu audzēs.

8.1. Metodika

Lai salīdzinātu *P. gigantea* un urīnvielas efektivitāti celmu aizsardzībā pret *Heterobasidion* spp., augusta vidū (*Heterobasidion* spp. sporulācija šajā laikā ir ļoti augsta) ierīkots eksperiments, kurā izmantotas divas parastās egles (*Picea abies* (L.) H. Karst.) un divas parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.). Eksperimentam izvēlēti pirmā stāva koki. Koki sazāģēti vienu metru garos nogriežņos un pārvietoti uz LVMI Silava un LLU valsts

zinātniskās izpētes mežu apsaimniekošanas aģentūras "Meža pētīšanas stacija" kokaudzētavas teritorijā. Katrs vienu metru garais nogrieznis sazāģēts 20 – 30 cm garos bluķīšos. Bluķīšu augšējā virsma sadalīta uz pusēm. Puse bluķīša virsmas apsmidzināta ar *P. gigantea* izolātu suspensiju (5000 oīdijas mL^{-1}) vai urīnvielu (35% koncentrācija) un otra puse atstāta *Heterobasidion* spp. dabiskajai infekcijai (kā kontroles sektors) (8.1. attēls).

8.1. attēls. Ar "Rotstop" apstrādāta bluķīša virsma (zilgans iekrāsojums).

Apstrādei izmantoti *P. gigantea* izolāti: Latvijas *P. gigantea* izolāts O5 un bioloģiskā preparāta „Rotstop" sastāvā esošais *P. gigantea* izolāts. Kamēr veikta apsmidzināšana ar *P. gigantea* suspensiju vai urīnvielu, otra bluķīša virsmas puse aizsegta ar papīra lapu. Lai pārliecinātos, ka apstrāde notikusi kvalitatīvi, suspensijām pievienota krāsvielas tablete. Katrs analizētais apstrādes variants pārbaudīts 7 atkārtojumos priedes koksnē un 7 atkārtojumos egles koksnē (pavisam eksperimentā izmantoti 42 bluķīši).

Pēc apstrādes visi bluķīši nogādāti ar *Heterobasidion* spp. inficētā egļu audzē (139.kv.1.nog.). Bluķīši izvietoti 2 – 4 metru attālumā no *Heterobasidion* spp. sporu avota (egles celmi un ciršanas atliekas, uz kurām sastopami *Heterobasidion* spp. augļķermeņi). Bluķīši 5 dienas eksponēti mežā. Pēc tam bluķīši novietoti nojumē kokaudzētavas teritorijā, lai atrastos daļējā noēnojumā. Regulāri veikta bluķīšu laistīšana, lai nodrošinātu optimālus apstākļus *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* attīstībai. Lai izslēgtu tiešu kontaktu ar augsni, bluķīši novietoti uz agroplēves. Bluķīši lauka apstākļos inkubēti 3 - 5 nedēļas.

Pēc tam no katra bluķīša nozāģētas divas trīs centimetru biezas ripas 3 un 8 cm dziļumā no bluķīša augšējās virsmas. Paraugi laboratorijā nomizoti, nomazgāti un 7 dienas inkubēti istabas temperatūrā. *Heterobasidion* spp. sastopamība noteikta pēc sēnei raksturīgajiem konīdijnesējiem, uz ripas virsmas piestiprinot plastikāta režģi (0,7x0,7 cm) un izmantojot stereomikroskopu apskatīts katrs ripas kvadrātcentimetrs.

8.2. Rezultāti

Lai izvērtētu rezultātus saistībā ar *Heterobasidion* spp. dabisko infekciju priedes un egles bluķīšos, ļoti svarīga ir *Heterobasidion* spp. sastopamība kontroles sektorā, kas raksturo infekcijas fonu audzē. Citu autoru pētījumos (Vasiliauskas, Stenlid, 1998) analizējot *Heterobasidion* spp. micēlija vertikālo izplatību egļu stumbros, secināts, ka *H. parviporum* ir labāk adaptējies attīstībai egles koksnē salīdzinājumā ar *H. annosum*. Inficētajā egļu audzē, kur bija eksponēti apstrādātie bluķīši (gan egles, gan priedes) lielāko sporu daudzumu visticamāk sastādīja *H. parviporum*. Taču, kā liecina Zviedrijā veiktie pētījumi, arī priežu celmus inficē abas *Heterobasidion* sugas (Rönnberg et al., 2006). Minētajā pētījumā, novērtējot celmu inficētību 9 priežu audzēs, secināts, ka 50% *Heterobasidion* paraugu, kas izdalīti no celmu virsmas pārstāvēja *H. annosum*, bet 44% – *H. parviporum*. Tālāk attīstoties priežu celmu saknēs "priekšrocības" ir *H. annosum*: Rönnberg et al. (2006) pētījumā 93% gadījumu no augošiem kokiem tika izdalīts *H. annosum* (7% gadījumu konstatēts *H. parviporum*). Projekta ietvaros tika analizēta *Heterobasidion* spp. micēlija attīstība tikai līdz 8 cm dziļumam, tāpēc bluķīšu izvietošana egļu audzē, kur bija ļoti augsts *H. parviporum* sporu fons, nevarēja ietekmēt eksperimenta rezultātus attiecībā par preparāta efektivitāti priedes koksnē. Svarīgāk bija nodrošināt pietiekamu dabiskās *Heterobasidion* spp. infekcijas fonu.

Paraugos tika novērtēts *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. aizņemtais laukums, aprēķināta urīnvielas un *P. gigantea* efektivitāte aizsardzībā pret *Heterobasidion* spp. infekciju. Rezultāti izvērtēti 3 un 8 cm dziļumā tādēļ, ka ir svarīgi analizēt apstrādi ne tikai uz celma virsmas, bet novērtēt micēlija attīstību arī dziļāk koksnē, jo *P. gigantea* un *Heterobasidion* spp. augšanas ātrumi koksnē radiālā un vertikālā virzienā var būt atšķirīgi. Latvijas izcelsmes *P. gigantea* izolāta O5 un preparāta "Rotstop" sastāvā esošā *P. gigantea* izolāta vidēji aizņemtais laukums 3 un 8 cm dziļumā egles un priedes koksnē atspoguļots 8.1. tabulā.

8.1. tabula. *P. gigantea* izolātu vidēji aizņemtais laukums egles un priedes koksnē.

Koku suga	***P. gigantea* izolāts**	**Vidēji aizņemtais laukums, %**	
		Analizētais dziļums	
		3 cm	**8 cm**
Egle	Rotstop	34,52±4,07	41,70±5,13
	O5	27,24±5,55	39,86±4,91
Priede	Rotstop	71,39±1,68	69,03±3,42
	O5	65,79±2,17	56,67±4,94

Lai gan "Rotstop" sastāvā esošais *P. gigantea* izolāts aizņēmis nedaudz lielāku laukumu salīdzinājumā ar *P. gigantea* izolātu O5, konstatētās atšķirības nebija statistiski būtiskas 3 un 8 cm dziļumā ne egles, ne priedes koksnē ($p>0,05$). Ar *P. gigantea* izolātiem apstrādātajos sektoros bija sastopamas arī zilējuma sēnes, kas kolonizējušas koksni, savukārt ar urīnvielu apstrādātajā sektorā netika konstatēta neviena sēņu suga, izņemot *Heterobasidion* spp.

Heterobasidion spp. vidēji aizņemtais laukums kontroles sektorā 3 cm un 8 cm dziļumā bija attiecīgi: 62,76±3,07%... 64,97±2,25% egles bluķīšos un 0,36±0,17%... 5,87±0,64% priedes bluķīšos; konstatētās atšķirības starp egles un priedes koksni bija būtiskas ($p<0,05$). Arī mūsu iepriekšējos pētījumos, analizējot egles un priedes celmu inficētību ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām mistrotā audzē, secināts, ka egļu celmi ir uzņēmīgāki pret *Heterobasidion* spp. primāro infekciju (Kenigsvalde et al., 2015).

P. gigantea izolātu un urīnvielas efektivitāte aprēķināta salīdzinot *Heterobasidion* spp. aizņemto laukumu kontroles sektorā ar laukumu apstrādātajā sektorā. Ja *Heterobasidion* spp. kontroles sektorā netika konstatēts, tad antagonisms konkrētajā bluķītī netika vērtēts. Visaugstāko vidējo efektivitāti egles koksnē 3 cm dziļumā uzrādīja urīnviela – 99,56±0,24%, kura būtiski atšķīrās ($p<0,05$) no *P. gigantea* izolāta O5 (52,26±10,79%) un "Rotstop" (71,84±8,55%) efektivitātes. Starp analizētajiem *P. gigantea* izolātiem netika konstatētas būtiskas atšķirības ($p>0,05$). Savukārt apstrādes efektivitāte egles koksnē 8 cm dziļumā būtiski neatšķīrās starp urīnvielu un analizētajiem *P. gigantea* izolātiem ($p>0,05$) (8.2. tabula).

8.2. tabula. Egles un priedes bluķīšu apstrādes efektivitāte.

Koku suga	Apstrādes varians	Efektivitāte, %	
		Analizētais dziļums	
		3 cm	8 cm
Egle	Urīnviela	99,56±0,24	93,84±2,60
	O5	52,26±10,79	82,69±4,97
	Rotstop	71,84±8,55	83,44±4,01
Priede	Urīnviela	100±0,0	-
	O5	100±0,0	-
	Rotstop	100±0,0	-

Priedes koksnē urīnvielas un abu *P. gigantea* izolātu efektivitāte 3 cm dziļumā bija 100%; netika konstatētas būtiskas atšķirības starp apstrādes variantiem ($p>0,05$). Tā kā *Heterobasidion* spp. netika konstatēts priedes koksnē kontroles sektorā 8 cm dziļumā, tad nebija iespējams veikt efektivitātes novērtējumu šajā dziļumā. Salīdzinot apstrādes efektivitāti egles un priedes koksnē, secināts, ka urīnvielas efektivitāte būtiski neatšķiras, savukārt *P. gigantea* izolātu efektivitāte bija būtiski augstāka priedes koksnē ($p<0,05$). Atšķirības *P. gigantea* izolātu efektivitātē starp koku sugām skaidrojamas ar *P. gigantea* labāku spēju attīstīties priedes koksnē. Arī mūsu iepriekš veiktajos pētījums (Valsts pētījumu programma, 2012) secināts, ka, neatkarīgi no izmantotā *P. gigantea* izolāta, priedes koksnē vienlīdz sekmīgi attīstās visi *P. gigantea* izolāti, dažkārt pat inkubācijas laikā daļēji aizņemot kontroles sektoru. Lai gan urīnviela uzrāda visaugstākos efektivitātes rādītājus, pieņemot lēmumu par labu urīnvielas izmantošanai jāņem vērā tās ietekme uz apkārtējo vidi mežā. Apstrāde ar urīnvielu kavē dabiskās *P. gigantea* attīstību. Atsevišķos pētījumos konstatēta arī zema urīnvielas efektivitāte (Pratt, 1994).

8.3. Secinājumi

1. Egles koksnē 8 cm dziļumā nebija būtiskas atšķirības starp urīnvielas un *P. gigantea* izolātu efektivitāti pret *Heterobasidion* spp.
2. Priedes koksnē apstrādes efektivitāte ar urīnvielu un *P. gigantea* izolātiem būtiski neatšķīrās.
3. *P. gigantea* izolāti bija būtiski efektīvāki pret *Heterobasidion* spp. infekciju priedes koksnē, salīdzinot ar egles koksni.

SECINĀJUMI

1. Izstrādātā metodika, ievietojot substrātā ar *Armillaria* spp. inficētus parastās lazdas koksnes gabaliņus, ir izmantojama stādu mākslīgās inficēšanas eksperimentos.
2. Par analizēto 7 gadus vecu priežu un egļu stādu inficēšanos ar *Armillaria sp.* liecināja: nekrožu veidošanās uz saknēm, micēlijs zem sakņu mizas, augsnē un sakņu sistēmā atrastās rizomorfas. Tomēr 12-15 mēnešu laikā konstatēta tikai atsevišķu stādu inficēšanās, tāpēc, lai analizētu atšķirīgu priežu un egļu provenienču uzņēmību, nepieciešams ilgāks inkubācijas periods.
3. *Armillaria cepistipes, Armillaria borealis, Armillaria solidipes* micēlijs saglabā dzīvotspēju mazu dimensiju inficētā koksnē (0,5 x 6 cm) vairāk nekā gadu pēc ievietošanas augsnē, tāpēc stipri inficētās platībās pirms priežu stādījumu ierīkošanas jāapsver celmu izstrādes lietderība, lai novērstu stādu inficēšanos ar *Armillaria* spp.
4. Ziemeļkurzemes un Dienvidkurzemes reģionā sakņu piepe tika konstatēta 12,9% analizēto priežu audžu, vienā inficētajā audzē konstatētas viena līdz divas lauces uz ha, lauces rādiuss bija vidēji 12 m.
5. Priežu audzēs, kuras raksturo augsts sakņu piepes infekcijas potenciāls, ar *Heterobasidion* inficētā platība var sasniegt piekto daļu no teritorijas.
6. *Heterobasidion annosum* genotipu skaitu un lielumu priežu jaunaudzēs ietekmē iepriekšējās paaudzes inficēto celmu daudzums.
7. 2016. gadā sakņu piepe tika konstatēta gan mākslīgi, gan dabiski atjaunotās priežu jaunaudzēs.
8. Divos analizētajos parauglaukumos *Heterobasidion* spp. micēlijs atzīmēts 5% un 30% maza diametra egļu celmu trīs gadus pēc celmu inficēšanās ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām; *P. gigantea* konstatēta 5% un 10% egļu celmu un 30% un 40% priežu celmu.
9. *Heterobasidion* spp. vairs netika konstatēts maza diametra priežu celmos trīs gadus pēc celmu inficēšanās.
10. *Heterobasidion* spp. un *P. gigantea* micēlijs atsevišķos maza diametra skuju koku celmos trīs gadus pēc inficēšanās sasniedzis celma sakņu kaklu.
11. Uz pievešanas ceļiem atstāto egles mežizstrādes atlieku daudzums bija vidēji 2,25 m^3 ha^{-1} krājas kopšanas cirtē un 5,23 m^3 ha^{-1} galvenajā cirtē, no tā svaigu, trupējušu atlieku daudzums bija attiecīgi: 0,46 m^3 ha^{-1} (20%) un 0,43 m^3 ha^{-1} (8%).

12. Egles koksnē 8 cm dziļumā nebija būtiskas atšķirības starp urīnvielas un *P. gigantea* izolātu efektivitāti pret *Heterobasidion* spp.
13. Priedes koksnē apstrādes efektivitāte ar urīnvielu un *P. gigantea* izolātiem būtiski neatšķīrās.
14. *P. gigantea* izolāti bija būtiski efektīvāki pret *Heterobasidion* spp. infekciju priedes koksnē, salīdzinot ar egles koksni.

LITERATŪRA

1. 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.
2. Bendz-Hellgren M., Brandtberg P.O., Johansson M., Swedjemark G., Stenlid J. 1999 Growth rate of *Heterobasidion annosum* in *Picea abies* established on forest land and arable land. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14: 402-407.
3. Berglund M., Carlsson T., Ronnberg J. 2007. Infection of *Heterobasidion* spp. in late pre-commercial thinnings of *Picea abies* in southern Sweden. In: Garbelotto M., Gonthier P. (eds.). Proceedings of the 12th international conference on root and butt rots of forest trees, 12th–19th August, 2007, Berkeley, California – Medford, Oregon, USA. University of California, Berkeley. p. 221–225.
4. Bruna L., Gaitnieks T., Vasaitis R. 2015. Spore production of *Heterobasidion annosum* s.l. fruit bodies in Latvia: impact of sesonal and meteorological factors. In: Jansons, A. (ed.) *Adaptation and mitigation: strategiesfor management of forest ecosystems. Book of Abstracts. Riga, April 23–24, 2015.* Salaspils: LSFRI Silava, pp. 37.
5. Cleary M., van der Kamp BJ., Morrison DJ. 2012. Effects of wounding and fungal infection with *Armillaria ostoyae* in three conifer species. I. Host response to abiotic wounding in non-infected roots. Forest Pathol., 42: 100 - 108.
6. Cleary M., van der Kamp B., Morrison DJ. 2012. Effects of wounding and fungal infection with *Armillaria ostoyae* in three conifer species. II. Host response to the pathogen. Forest Pathol., 42: 109 - 123.
7. Dimitri L., Zycha H., Kliefoth R. 1971. Untersuchungen über die Bedeutung der Stubbeninfektion durch *Fomes annosus* für die Ausbreitung der Rotfäule der Fichte. Forstwissenschaftiches Centralblatt 90, s. 104 – 117.
8. Gaitnieks T. 2014. Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte, starpatskaite. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 109 - 117.
9. Gaitnieks T. 2014. Sakņu trupes izplatību ierobežojošo faktoru izpēte, starpatskaite. Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava", 123 - 127.
10. Gonthier P., Thor M. 2013. Annosus root and butt rots. In: Infectious Forest Diseases. Gonthier P., Nicolotti, G. (eds.) Wallingford : CAB International, 128. - 158.
11. Guillaumin J. J., Anderson J. B., Korhonen K. 1991. Life cycle, interfertility, and biological species. – In: *Armillaria* root disease. Shaw C. G., Kile G. A. Washington, United States : Department of Agriculture: 10 - 20.
12. Guillaumin J. J., Legrand P. 2013. *Armillaria* root rots. In: Infectious forest diseases. Gonthier P., Nicolotti G. (eds.), Wallingford, United Kingdom : CABI Publishing, 159 - 177.
13. Gunulf A., Mc Carthy R., Rönnberg J. 2012. Control efficacy of stump treatment and influence of stump height on natural spore infection by *Heterobasidion* spp. of precommercial thinning stumps of norway spruce and birch. Silva Fennica, 46(5): 655–665.

14. Gunulf A., Wang L., Englund J.E., Rönnberg J., 2013. Secondary spread of *Heterobasidion parviporum* from small Norway spruce stumps to adjacent trees. Forest Ecology and Management, 287:1–8.

15. Holdenrieder O., Greig B. J. W. 1998. Biological methods of control. In: S. Woodward, J. Stenlid, R. Karjalainen, A. Hüttermann (ed.) *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK, 235-258.

16. Johansson S. M., Pratt J. E., Asiegbu F. O. 2002. Treatment of Norway spruce and Scots pine stumps with urea against the root and butt rot fungus *Heterobasidion annosum* – possible modes of action. Forest Ecology and Management, 157: 87-100.

17. Kenigsvalde K., Brauners I., Korhonen K., Zaļuma A., Mihailova A., Gaitnieks T. 2015. Evaluation of the biological control agent Rotstop in controlling the infection of spruce and pine stumps by Heterobasidion in Latvia. Scandinavian Journal of Forest Research, 31(3):254-261.

18. Kovalchuk A., Keriö S., Oghenekaro O. A., Jaber E., Raffaello T., Asiegbu F. O. 2013. Antimcrobial defenses and rezistence in forest trees: challenges and perspectives in a genomic Era. Annu. Rev. Phytopathol., 51: 221 - 244.

19. Kowalski T. 2010. Occurence and associated symptoms of *Sirococcus conigenus* on *Picea abies*. Phytopathologia, 58: 53 – 61.

20. 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.

21. Kurkela T. 2002. Crown conditions as an indicator of incidence of root rot causes by *Heterobasidion annosum* in Scots pine stands. Silva Fennica, 36(2): 451-457.

22. Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., Garcia Gonzalo J., Seidl R., Delzon S., Corona P., Kolström M., Lexer J. M., Marchetti M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity and vulnerability of European forest ecosystems. Forest ecology and management, 259: 689 - 709.

23. 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.

24. 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.

25. Paludan, F. 1966. Infektion og spredning af *Fomes annosus* i ung Rodgran (Infection and spread of Fomes annosus in young Norway Spruce). Detforstlige forsoksvasen i Danmark, 30: 19–47. (In Danish with English summary).

26. 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.

27. Pratt J. E. 1994. Some experiments with borates and with urea to control stump infection by *H. annosum* in Britain. In: Johansson & Stenlid (eds). Proceedings of the eighth international conference on root and butt rots, Sweden and Finland, 1993, pp. 662-667.

28. 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.

29. Redfern D.B., Stenlid J. 1998. Spore Dispersal and Infection. In: *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Woodward, S., J. Stenlid, K. Karjalainen, A. Hüttermann (eds.). Wallingford: CAB International, 109.-116.

30. Rishbeth J. 1959. Dispersal of *Fomes annosus* Fr. and *Peniophora gigantea* (Fr.) Massee. Trans British Mycological Society, 42: 243– 260.

31. Rishbeth J. 1972. Resistance to Fungal Pathogens of Tree Roots. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 181(1064): 333 - 351.

32. Rönnberg J., Petrylaitė E., Nilsson G., Pratt J. 2006. Two studies to assess the risk to *Pinus sylvestris* from *Heterobasidion* spp. in southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 21:405-413.

33. Sicoli G., Annese V., de Giola T., Luisi N. 2002. *Armillaria* pathogenicity tests on oaks in southern Italy. Journal of Plant Pathology, 84(2): 107 - 111.

34. Solheim H. 1994. Infeksjon av rotkjuke pa granstubber til ulike arstider og effekten av ureabehandling (Seasonal infection of *Heterobasidion annosum* on stumps of Norway spruce and surface coating with urea). Norsk Institutt for Skogforskning, Rapport Skogforsk 3/94, 10 p. (In Norwegian with English summary).

35. Stenlid J. 1987. Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. Scand. J. For. Res., 2: 187-198.

36. Stenlid J., Redfern D.B. 1998. Spread within the tree and stand. In: *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (eds.). Wallingford: CAB International, 126-129.

37. Stivriņa B., Kenigsvalde K., Gaitnieks T. 2010. Lielu dimensiju ciršanas atlieku ietekme uz *Heterobasidion* spp. infekcijas izplatību. Mežzinātne, 22(55): 88-102.

38. Thor M., Stenlid J. (2005). *Heterobasidion annosum* infection of *Picea abies* following manual or mechanized stump treatment. Scandinavian Journal of Forest Research, 20:154-164.

39. Valsts pētījumu programma Nr. 2010.10-4/VPP-5 "Vietējo resursu (zemes dzīļu, meža, pārtikas un transporta) ilgtspējīga izmantošana - jauni produkti un tehnoloģijas (NatRes)", apakšprojekts: "Meža fitopatoloģiskie riski: skujkoku celmu bioloģiskā aizsardzība pret sakņu trupi, izmantojot sēnes Phlebiopsis gigantea Latvijas izolātus", 2012. gads.

40. Vasiliauskas R., Stenlid J. 1998. Spread of S and P group isolates of *Heterobasidion annosum* within and among *Picea abies* trees in central Lithuania. Canadian Journal of Forest Research, 28: 961 – 966.

41. Westlund A., Nohrstedt H., 2000. Effects of stump-treatment substances for root-rot control on ground vegetation and soil properties in a *Picea abies* forest in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 15:550–560.

42. Woodward S., Stenlid J., Karjalainen R., Hüttermann A. (eds). 1998. *Heterobasidion annosum*: biology, ecology, impact and control. Wallingford, United Kingdom: CAB International, 589 pp.

43. Zaļuma A. Klinškalnu priedes *Pinus contorta* un parastās priedes *Pinus sylvestris* inficēšanās ar *Heterobasidion annosum* s.l. 2011. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte, augu fizioloģijas katedra. Rīga, 44 lpp.