

***Heterobasidion annosum* s.l. sastopamība**

***Pinus contorta* var. *latifolia* stādījumos**

Astra Zaļuma^{1,2*}, Āris Jansons¹, Natālija Burņeviča¹,

Imants Baumanis¹ un Tālis Gaitnieks^{1,2}

Zaļuma, A., Jansons, Ā., Burņeviča, B., Baumanis, I., un Gaitnieks, T., 2015. *Heterobasidion annosum* s.l. sastopamība *Pinus contorta* var. *latifolia* stādījumos. *Mežzinātne* 29, 58–69.

Kopsavilkums. Kalsnavā, Kuldīgā un Zvirgzdē 2010.–2011. g.g. apsekoti *Pinus contorta* var. *latifolia* un *Pinus sylvestris* stādījumi, lai novērtētu abu priežu sugu inficētību ar *Heterobasidion* spp. un noteiktu sakņu un stumbra trupi izraisošā patogēna sugu. Pārbaudīti visi kaltsūši, izgāzti un nolauzti koki, kā arī iepriekšējās paaudzes parasto priežu celmi, no kuriem paņemti koksnes paraugi.

Visās analizētajās audzēs konstatēts *Heterobasidion annosum* s.l. Inficēto *P. contorta* var. *latifolia* īpatsvars stādījumos bija 8,5–18,1 %, būtiski mazāk inficētu koku atrasti Zvirgzdes stādījumā ($p < 0,05$). *P. contorta* var. *latifolia* raksturo būtiski augstāka uzņēmība pret *H. annosum* s.l., salīdzinot ar *P. sylvestris* ($p < 0,05$). Atsevišķos gadījumos no kaltsūšo priežu koksnes tika izdalīts *Heterobasidion parviporum*, tomēr galvenokārt sakņu trapes izraisītājs bija *H. annosum* s.s. ($p < 0,05$). Kopšanas cirtes laikā, lai novērstu celmu inficēšanos ar bazīdijsporām, *P. contorta* var. *latifolia* jaunaudzēs rekomendējama celmu apstrāde ar bioloģiskajiem preparātiem savukārt, ierīkojot *P. contorta* var. *latifolia* stādījumus, ar *H. annosum* s.l. inficētu *P. sylvestris* un *Picea abies* audžu vietā, ieteicams apsvērt celmu izstrādes lietderību.

Raksturvārdi: *P. contorta* var. *latifolia*, *Heterobasidion annosum* s.l., *P. sylvestris*, bazīdijsporas.

•••

Zaluma, A.^{3,4*}, Jansons, A.³, Burnevica, N.³, Baumanis, I.³, and Gaitnieks, T.³

Occurrence of *Heterobasidion annosum* s.l. in stands of *Pinus contorta* var. *latifolia*.

Abstract. Studies in Latvia and elsewhere in the world have ascertained that logepole pine (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* (Engelm.) ex S. Wats.) is more productive and faster growing than Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Previous studies with regard to

¹ Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija;

* e-pasts: astra.zaluma@silava.lv

² SIA “Meža nozares kompetences centrs”, Dzērbenes iela 27, Rīga, LV-1006, Latvija

³ Latvian State Forest Research Institute “Silava”, 111 Riga str., Salaspils, LV-2169, Latvia;

* e-mail: astra.zaluma@silava.lv

⁴ Forest Sector Competence Center Ltd., 27 Dzerbenes str., Riga, LV-1006, Latvia

H. annosum s.l. resistance, have not given an unequivocal answer concerning the level of resistance against root rot in logepole pine. Root and butt rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s.l. is one of the most destructive diseases of conifers in the northern temperate regions. *Heterobasidion annosum* s.l. invades stands by basidiospores through fresh wounds or newly cut stumps and spreads through root systems to uninfected trees, thereby enlarging the infected area. The pathogens responsible for root and stem rot were formerly treated as a single fungal species, but now are recognised as separate species. Two species are distributed in Northern Europe: *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. sensu stricto and *Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen. *H. annosum* s.s. typically infects pine, particularly *Pinus sylvestris*, while Norway spruce (*Picea abies* (L.) is the main host of *H. parviporum*. The aim of this investigation was to evaluate the susceptibility of logepole pine and Scots pine to the *H. annosum* s.l. and to determine which pathogen species causes root rot in *Pinus contorta* plantations.

A survey was conducted in 2010 and 2011 in 3 experimental plantations of logepole pine (established in: 1984 in Kuldīga (Kuldīgas plantaion), 1985 in Vidusdaugava (Zvirgzdes plantation), 1986 in Forest Research Station in Jaunkalsnava forest area (Kalsnavas plantation)). *H. annosum* s.l. isolates were obtained from wood discs gathered from decayed trees and wood samples taken from previous generation Scots pine stumps. *Heterobasidion* sp. was observed in Kuldīgas, Kalsnavas and Zvirgzdes plantations. Infections of *Armillaria* spp. were found in plantations, but were not quantified or species determined. Frequency of infected *P. contorta* vary from 8.5 to 18.1 % between plantations. In Zvirgzdes plantation *P. contorta* were significantly less infected ($p < 0.05$). However, *P. contorta* were more frequently infected by *H. annosum* s.l. ($p < 0.05$), in comparison with *P. sylvestris*. Mainly root rot was caused by *H. annosum* s.s., *H. parviporum* infection was negligible ($p < 0.05$). For silvicultural practices to reduce the spore infection it is recommended to treat freshly cut *P. contorta* stumps right after felling with biological control agent, but to diminish *Heterobasidion* spp. vegetative distribution from rotted *P. sylvestris* and *P. abies* stumps to growing trees stump removal is recommended.

Key words: *P. contorta* var. *latifolia*, *Heterobasidion annosum* s.l., *P. sylvestris*, basidiospores.

•••

Заļума, А. ^{5,6*}, Янсонс, А. ⁵, Бурневича, Н. ⁵, Бауманис, И. ⁵, и Гайтниекас, Т. ⁵
Распространение *Heterobasidion annosum* s.l. в искусственно созданных лесных насаждениях *Pinus contorta* var. *latifolia*.

Резюме. В 2010–2011 годах были обследованы 3 искусственно созданных лесных насаждения *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* (Engelm.) ex S. Wats. для оценки

⁵ Латвийский государственный институт лесоведения «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия; * эл. почта: astra.zaluma@silava.lv

⁶ ООО «Meža nozares kompetences centrs», ул. Дзербенес 27, Рига, LV-1006, Латвия

stепени пораженности корневой гнилью и определения видовой принадлежности возбудителей болезни. В процессе работы были обследованы все усохшие, вываленные и сломанные деревья, а также сосновые пни предыдущей генерации и взяты образцы древесины.

Корневая губка *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s.l. была выявлена на всех пробных площадях. Количество инфицированных деревьев варьировало между насаждениями *Pinus contorta* var. *latifolia* (8,5–18,1%), существенно меньше зараженных деревьев обнаружено на пробной площади Звиргзде ($p < 0,05$). В насаждениях *P. contorta* var. *latifolia* отмечена существенно более высокая инфицированность с *H. annosum* s.l. по сравнению с *P. sylvestris* ($p < 0,05$). В некоторых случаях из древесины усохшей *P. contorta* var. *latifolia* был выделен *Heterobasidion parviporum*, но основным возбудителем корневой гнили был *H. annosum* s.s. ($p < 0,05$). На основе полученных данных во время рубки ухода в посадках *P. contorta* var. *latifolia* рекомендуется обработка свежеспеленных пней биологическими препаратами для защиты их от инфицирования спорами корневой губки, а также рекомендуется удаление пней методом корчевания перед посадкой *P. contorta* var. *latifolia* на площадях с высокой степенью заражения *H. annosum* s.l.

Ключевые слова: *P. contorta* var. *latifolia*, *Heterobasidion annosum* s.l., *P. sylvestris*, базидиоспоры.

Ievads

Klimata izmaiņu prognozes liecina, ka gaisa temperatūra līdz 21. gadsimta beigām var paaugstināties vidēji par 2–5°C (Lindner *et al.*, 2010). Ar klimata izmaiņām saistīti dažādi riski, piemēram, dendrofāgo kukaiņu pieaugums (Haynes *et al.*, 2014), arī abiotiskie riski – vētras, ilgstoši sausuma periodi, ekstrēmas temperatūras. Lai mazinātu biotisko un abiotisko faktoru radītos mežsaimnieciskos zaudējumus, nepieciešama introducēto kokaugu sugu – īpaši to, kurām potenciāli īsāks ir rotācijas periods, – audzēšanas iespēju izvērtēšana. Viena no alternatīvām platībās ar nabadzīgām smilts augsnēm varētu būt Klinškalnu priede *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* (Engelm.) ex S. Wats.

P. contorta var. *latifolia* ir antropofīts (Laiviņš u.c., 2009) – suga, kas Latvijā pirmoreiz introducēta 1899. gadā (Cinovskis, 1992). Savukārt pagājušā gadsimta septiņdesmitajos–astoņdesmitajos gados uzsākta mērķtiecīga *Pinus contorta* var. *latifolia* provenienču stādījumu izpēte, lai noskaidrotu produktīvākos sēklu izcelsmes reģionus (Baumanis u.c., 1992). Analizējot koku morfoloģiskos rādītājus, konstatēts, ka *P. contorta* var. *latifolia* ir piemērota audzēšanai Latvijas apstākļos, jo tās produktivitāte ir vidēji par 25% augstāka nekā *P. sylvestris* (Baumanis u.c., 1992; Sisenis, 2013). Līdzīgi rezultāti iegūti arī pētījumos Zviedrijā (Elfving *et al.*, 2001), kur *P. contorta* var. *latifolia* introdukcija notikusi ļoti veiksmīgi, un 21. gadsimta sākumā *P. contorta* var. *latifolia*

stādījumi jau aizņēmuši gandrīz 2 % no kopējās mežu platības (Elfving *et al.*, 2001; Wolf-Crowther *et al.*, 2011).

Veicot jaunu sugu ieviešanu, svarīgi ir izvērtēt, vai introducētajiem augiem draud inficēšanās ar autohtonajiem patogēniem (Karlman, 1981; Parker, Gilbert, 2004). Viens no ekonomiski nozīmīgākajiem skuju koku patogēniem ir sakņu piepe *Heterobasidion annosum* sensu lato (Gonthier, Thor, 2013). Latvijā sastopamas divas minētā patogēna kompleksa sugas – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s.s. un *Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen. Parastās egles (*Picea abies* (L.) Karst.) audzēs vidēji 21,8 % koku ir trupējuši, un primārais trapes izraisītājs ir sakņu piepe (Arhipova *et al.*, 2011). *Heterobasidion annosum* s.s. galvenokārt inficē priedes, bet *Heterobasidion parviporum* – egles. Kā liecina Latvijā pagājušā gadsimtā veiktie pētījumi, arī parastā priede (*Pinus sylvestris* L.) bieži inficējas ar *Heterobasidion* spp. (Lauska, 1970; McLaughlin, Šica, 1993). *H. annosum* s.l. primāro jeb ģeneratīvo infekciju izraisa bazīdijsporas, jo sēnes auglķermeņi izdala sporas, kas sekmē infekcijas centru veidošanos sakņu trapes iepriekš neskartajās audzēs. Ģeneratīvo infekciju veicina mežizstrāde veģetācijas periodā: Latvijā *Heterobasidion* sp. aktīvi sporulē no marta līdz decembrim, sporulācijas maksimums tiek sasniegts augustā (L. Brūna, nepubl. dati). Veģetatīvo izplatību (sekundārā infekcija) nodrošina sakņu kontakti – micēlijam no inficētajām saknēm ieaugot veselo koku saknēs – šādā veidā *H. annosum* s.l. izplatās jau inficētā audzē (Hodges, 1969; Korhonen, Stenlid, 1998).

Literatūrā minēts, ka *P. contorta* var. *latifolia* nomāc lēnāk augošās koku sugas, piemēram, *Pinus sylvestris* un *Picea abies* (Despain, 2001), tāpēc nepiemērotos apstākļos (gaisa vai augsnes piesārņojums) augošu koku rezistence ir pavājināta (Korhonen, Stenlid, 1998). Noskaidrots, ka reāli iespējama ir *Heterobasidion* spp. veģetatīvā izplatīšanās no iepriekšējās paaudzes *P. abies* un *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. celmiem uz stādītajām *P. contorta* (Piri, 1996; Greig *et al.*, 2001; Svensson, 2011; Rönnberg, Svensson, 2013). Daži pētnieki norādījuši, ka nav ieteicama *P. contorta* tīraudžu veidošana vietās, kur iepriekš augušas ar *Heterobasidion* spp. inficētas *P. abies* (Weissenberg, 1975; Piri, 1996). Mākslīgās inficēšanās eksperimentā noskaidrots, ka, mēneša laikā pēc inokulācijas, *H. parviporum* neizraisa 3-gadīgu *P. contorta* nokalšanu, lai gan 32 % ar *H. annosum* s.s. inficēto stādu ir gājuši bojā (Swedjemark, Stenlid, 1995). *H. annosum* s.s. galvenais saimniekaugs ir *P. sylvestris* (Stenlid, Swedjemark, 1988; Lindberg, 1992; Swedjemark, Stenlid, 1995; Gonthier, Thor, 2013), tādēļ nopietni izvērtējama *P. contorta* var. *latifolia* stādīšana platībās, kur iepriekš augušas ar *Heterobasidion* spp. inficētas *P. sylvestris*.

Tikai atsevišķos pētījumos salīdzināta vienā stādījumā augošu *P. contorta* un *P. sylvestris* uzņēmība pret *Heterobasidion* spp. (Vollbrecht *et al.*, 1995; Piri, 1996). Mūsu pētījuma mērķis – novērtēt *Heterobasidion* spp. infekcijas ietekmē kalušo koku īpatsvaru *P. contorta* var. *latifolia* audzēs, salīdzinājumā ar *P. sylvestris*, un noteikt sakņu un stubbra trupi izraisošā patogēna sugu.

Materiāls un metodika

Empīriskais materiāls

Empīriskais materiāls ievākts 2010.–2011. g.g. *P. contorta* var. *latifolia* eksperimentālajos stādījumos atšķirīgos Latvijas reģionos – Kuldīgā, Zvirgzdē un Kalsnavā (turpmāk Kuldīgas, Zvirgzdes un Kalsnavas stādījums). Plantācijas ierīkotas attiecīgi 1984., 1985. un 1986. gadā.

Kalsnavas *P. contorta* stādījums (eksperimenta Nr. 750 “Ilglaicīgo pētniecisko objektu reģistrā”) ierīkots meža augsnē Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas mežu novadā, 179. kv., 8. nog. (objekta koordinātes 56° 40 Z pl. un 25° 49 A g.). Audzē veikta tikai agrotehniskā kopšana. Pārbaudītas 500 *P. contorta* un 548 *P. sylvestris*. Apsēkotas gan *P. sylvestris* starp *P. contorta* var. *latifolia*, gan *P. sylvestris* blakus esošajā stādījumā (abām audzēm vienāds meža tips un vecums). Koksnes paraugi ievākti no visām kaltsajām *P. contorta*, kā arī no *P. sylvestris*, kas auga stādījumā starp *P. contorta*, bet pārējām apsēkotajām parastajām priedēm noteikta *H. annosum* s.l. auglķermeņu sastopamība. Pārbaudīti arī 138 iepriekšējās paaudzes *P. sylvestris* celmi.

Kuldīgas stādījums (eksperimenta Nr. 80 “Ilglaicīgo pētniecisko objektu reģistrā”) ierīkots lauksaimniecības augsnē Dienvidkurzemes mežsaimniecībā, Rendas iecirknī, 58. kv. 8. nog. (objekta koordinātes 57° 03 Z pl. un 21° 57 A g.). Kopšanas cirte audzē veikta 1995. gadā. Apsēkotas 415 *P. contorta* var. *latifolia* un 32 *P. sylvestris*. Koksnes paraugi ievākti no visām kaltsajām *P. contorta* var. *latifolia* un *P. sylvestris*.

Zvirgzdes stādījums (eksperimenta Nr. 82 “Ilglaicīgo pētniecisko objektu reģistrā”) ierīkots meža augsnē Vidusdaugavas mežsaimniecībā, Vecumnieku iecirknī, 196. kv., 12. nog. (objekta koordinātes – 56° 41 Z pl. un 24° 27 A g.). Kopšanas cirte veikta 2010. gadā. Analizētas 2270 *P. contorta* var. *latifolia* un 119 *P. sylvestris*. Pārbaudīti 244 iepriekšējās paaudzes *P. sylvestris* celmi. Koksnes paraugi ievākti no visām kaltsajām *P. contorta* var. *latifolia* un *P. sylvestris*, kā arī visiem iepriekšējās paaudzes celmiem.

Zvirgzdes un Kuldīgas stādījumos *Pinus sylvestris* (Latvijas izcelsmes) un dažādu provenienču *P. contorta* parcelas ierīkotas randomizētos blokos. Detalizētākai informācija par objektiem atrodama atrodama “Ilglaicīgo pētījumu reģistrā” (Baumanis u.c., 2006).

Lauka darbu metodika

Analizētajos stādījumos apsēkoti, uzskaitīti un kartē atzīmēti visi kaltsie, izgāztie un nolauztie koki. Visi kaltsie un koki, kam konstatēti sakņu piepes auglķermeņi, tika nozāģēti. No nozāģētā koka celma augstumā paņemta apmēram 2–3 cm bieza ripa. Apsēkoti arī visi iepriekšējās paaudzes celmi. No katra celma ar cirvi izcirstas koksnes skaidas un ievietotas polietilēna maisiņos. Paraugi uzglabāti +4°C.

Ievāktās *P. contorta* var. *latifolia* un *P. sylvestris* ripas laboratorijā nomizotas un ar birsti nomazgātas zem tekoša krāna ūdens. Pēc tam tās ievietotas atsevišķos polietilēna maisos, atstājot maisu galus atvērtus, lai tajos saglabātos gaisa cirkulācija. Maisi ar ripām stāvus ievietoti kastēs un inkubēti 5–7 dienas istabas temperatūrā.

Laboratorijas darbu metodika

Uz katras ripas piestiprināja plastmasas režģi ar rūtiņu izmēru $0,7 \times 0,7$ cm, un, izmantojot Leica stereomikroskopu M125, ripas pārbaudīja, lai noteiktu sakņu piepes konīdijnesēju sastopamību. Ja režģa rūtiņā atrada atsevišķus *H. annosum* s.l. konīdijnesējus vai to grupas, tie atzīmēti uz ripas virsmas ar ūdensizturīgas krāsas flomāsteru. *H. annosum* konīdijnesējus ar smalku pinceti pārnesa uz Petri platēm un uzsēja uz iesala-agara barotnes: iesala ekstrakts (Becton, Dickinson and Company „Bacto™ Malt extract, Grade A”, France) 15 g; agars (Becton, Dickinson and Company, „BBL™ Agar, Grade A”, France) 12 g; ūdens 1000 ml. Barotni autoklāvēja 20 min. 121°C temperatūrā. No katras ripas konīdijnesējus uzsēja 10 atkārtojumos (2 platēs pa pieciem uz katras). Pēc 3 un 7 dienām plates mikroskopēja, lai izdalītu *H. annosum* tīrkultūras.

No katra celma koksnes parauga laboratorijā ar skalpeli izgrieza 25 mm garus un 5 mm platus koksnes gabaliņus. Pēc tam tos sterilizēja liesmā un uzlika uz iesala-agara barotnes. Pēc 3, 7 un 14 dienu inkubācijas istabas temperatūrā katra plate apskatīta, izmantojot mikroskopu Leica DM4000b (palielinājums 100 reizes), lai konstatētu *H. annosum* s.l. konīdijnesējus un iegūtu tīrkultūras (ar liesmā sterilizētu skalpeli izgriežot $0,5 \times 0,5$ cm lielu agara segmentu ar micēliju).

Izolātu sugas piederības noskaidrošanai izmantota Dr. Kari Korhonena aprakstītā metodika (Korhonen, 1978). Binārā loģistikā regresija izmantota, lai salīdzinātu audžu inficētību un patogēna īpatsvaru *R version 3.1.2* (R Core Team, 2014).

Rezultāti un diskusija

Mūsu pētījuma dati liecina, ka, salīdzinot ar *P. sylvestris*, *P. contorta* var. *latifolia* raksturīga augstāka uzņēmība pret *H. annosum* s.l. (1. tabula).

Gan Zvirgzdes, gan Kuldīgas stādījumā konstatēta būtiski zemāka *P. sylvestris* inficētība, salīdzinot ar *P. contorta* var. *latifolia* ($p < 0,05$). Zviedrijā iegūtie rezultāti uzrāda līdzīgu tendenci – 20 gadus vecā *P. contorta* audzē trupējušo koku īpatsvars ir divreiz lielāks ($p > 0,05$) nekā tāda paša vecuma *P. sylvestris* stādījumā (Vollbrecht *et al.*, 1995). Kalsnavas stādījuma dati abu sugu inficētības salīdzināšanai nav izmantoti, jo šajā objektā koksnes paraugi ņemti tikai no *P. contorta* eksperimentālajā stādījumā nokaltušajām *P. sylvestris*, bet 529 *P. sylvestris*, kas auga blakus stādījumā, novērtēta *Heterobasidion* spp. augļķermeņu sastopamība. Lai gan praksē augļķermeņu novērtējums tiek izmantots, lai noteiktu koku inficētību (Garbelotto, Gonthier, 2013), citā pētījumā norādīts, ka augļķermeņu klātbūtne pilnībā neraksturo inficēto koku daudzumu *Pinus mugo* audzē (Bendel, Rigling, 2008).

Kuldīgas un Zvirgzdes stādījumā konstatējām, ka ne tikai ar *Heterobasidion* inficēto, bet arī kaltošo *P. contorta* var. *latifolia* īpatsvars ir lielāks nekā *P. sylvestris* (1. tabula). L. Sisenis (Sisenis, 2013) gan atzīmē, ka *P. contorta* var. *latifolia* Latvijas apstākļos raksturo augstāka saglabāšanās nekā *P. sylvestris*. Parastās priedes saglabāšanās analizēta arī Kuldīgas un Zvirgzdes stādījumā – tā ir ievērojami zemāka nekā *P. contorta* (Sisenis, 2013). Zinot, ka sākotnēji abu priežu sugu koku skaits uz hektāra

H. annosum s.s. un *H. parviporum* sastopamība
Pinus contorta var. *latifolia* un *Pinus sylvestris* audzēs
Infection frequency of *H. annosum* s.s. and *H. parviporum* in
Pinus contorta var. *latifolia* and *Pinus sylvestris* stands

Stādījums Plantation	Vērtēto nokaltušo koku īpatsvars, % Proportion of decayed trees, %				Inficēto koku daudzums, % Proportion of infected trees, %		Pārbaudīto / inficēto celmu daudzums Amount of inspected/ infected stumps	<i>Heterobasidion</i> spp. īpatsvars, % Proportion of <i>Heterobasidion</i> spp., %	
	no iestādītajiem from planted		no audzē konstatētajiem* from inspected*		P.C.	P.S.		<i>H. annosum</i> s.s.	<i>H. parvi- porum</i>
	P.C.	P.S.	P.C.	P.S.					
Kalsnava	–	–	24,2	15,7**	16,8 a	3,2	138/2	98 c	1 d
Kuldīga	25,4	0,8	55,9	10,6	18,1 a	6,3	–	70 c	13 d
Zvirgzde	6,7	0,4	11,3	0,8	8,5 b	0	244/1	97 c	2 d

Apzīmējumi / Legend: P.C. – *Pinus contorta* var. *latifolia*; P.S. – *Pinus sylvestris*.

* vērtēti ne tikai dzīvie, bet arī nokaltušie un izgāztie koki / all trees (live, decayed, throw out) were inspected;

** analizētas *P. sylvestris*, kas atrodas *P. contorta* var. *latifolia* stādījumā / in analysis are included only those *P. sylvestris*, which grow in *P. contorta* var. *latifolia* plantation;

a, b – atšķirīgi burti norāda, ka atšķirības ir būtiskas ($p < 0,05$) / for each variable with different letter subscripts indicate significant differences ($p < 0.05$).

bijis aptuveni 5000 stādu, var pieņemt, ka liela daļa *P. sylvestris* iznikusi stādu vecumā un bojāejas iemesls bijis sakņu piepes izraisītā infekcija. Tomēr mākslīgās inficēšanās eksperimentā noskaidrots, ka *P. contorta* stādi ir uzņēmīgāki pret *H. annosum* s.s. nekā *P. sylvestris* – minētajā izmēģinājumā konstatēts divas reizes vairāk nokaltušu *P. contorta* (Swedjemark, Stenlid, 1995). Iespējams, ka *P. contorta* / *P. sylvestris* saglabāšanos Latvijas apstākļos ietekmējuši vēl kādi citi, analizē neiekļauti biotiskie faktori. Atsevišķos pētījumos norādīts, ka stādmateriāla uzņēmību pret *H. annosum* s.l. var ietekmēt ne tikai suga, bet arī proveniencē (Спалвиньш и др., 1989; Piri, 1996; Gaitnieks, nepubl. dati). Veicot rūpīgu provenienču atlasī, pastāv varbūtība

atrast pret sakņu trupi izraisošām sēnēm mazāk uzņēmīgas *P. contorta* var. *latifolia* proveniencē.

Zvirgzdes stādījumā uzskaitīts mazāk ar sakņu piepi inficētu *P. contorta* var. *latifolia*, salīdzinot ar Kalsnavas stādījumu ($p < 0,05$). To varētu skaidrot ar *Heterobasidion* īpatsvaru iepriekšējā skuju koku paaudzē (Pukkala et al., 2005). Lai gan *Heterobasidion annosum* s.l. laika gaitā izkonkurē citas koksni kolonizējošas sēnes (Hodges, 1969; Dimitri et al., 1971), tomēr atsevišķos pētījumos konstatēts, ka *Heterobasidion* egļu celmos saglabājas pat vairāk nekā 40 gadus (Piri, 1996). Mūsu pētījumā Kalsnavas un Zvirgzdes stādījumos no iepriekšējās paaudzes priekšu celmiem izdevās izdalīt tikai 3 izolātus. Iespējams, tas saistīts ar *Trichoderma* spp.,

kas tika atrasta gandrīz visos analizētajos celmos. *Trichoderma* spp. raksturota kā spēcīgs *H. annosum* s.l. konkurents (Hodges, 1969). Tāpēc, veicot datu analīzi, jāņem vērā, ka mūsu iegūtie rezultāti precīzi neraksturo ar *Heterobasidion* inficētās koksnes daudzumu augsnē, kas potenciāli varētu inficēt nākamās paaudzes kokus.

Tā kā *P. contorta* var. *latifolia* un *P. sylvestris* ir uzņēmīgas pret *H. annosum* s.l., celmu izstrāde varētu būt risinājums, lai samazinātu sakņu piepes izplatību smilšainās augsnēs (Vasaitis *et al.*, 2008; Cleary *et al.*, 2013). Zviedrijā veiktie pētījumi liecina, ka sakņu piepes micēlijs no iepriekšējās paaudzes celmiem var inficēt augošas *P. contorta*. Diemžēl pētījumi par *P. contorta* celmu uzņēmību pret bazīdijsporu infekciju ir ļoti fragmentāri (Piri, 1996; Svensson, 2011; Rönnerberg, Svensson, 2013). Mēs konstatējām, ka sakņu piepe *P. contorta* var. *latifolia* Kuldiģas stādījumā primāri izplatījusies ar bazīdijsporām, inficējot svaigi zāgētos celmus, jo šajā audzē nav iepriekšējās paaudzes celmu. Tomēr 16 gadus pēc kopšanas inficēto koku skaits būtiski neatšķiras no Kalsnavas stādījuma, kur koki inficējušies ar sakņu piepi sakņu kontaktu ceļā no iepriekšējās paaudzes *P. sylvestris* celmiem ($p > 0,05$) (1. tabula). Tas liecina, ka *P. contorta* var. *latifolia* jaunaudzēs, kas ierīkotas lauksaimniecības zemēs, *Heterobasidion* micēlijs izplatās ātrāk nekā meža zemēs. Arī citu autoru pētījumi liecina, ka lauksaimniecības zemēs skuju koki ir īpaši pakļauti riskam inficēties ar sakņu piepi. Lauksaimniecības zemēm raksturīgs paaugstināts pH, turklāt šajās augsnēs retāk sastopama pret *H. annosum* s.l. antagonistiska mikroflora (Korhonen,

Stenlid, 1998). Protams, augšanas ātrums koksnei var būt atkarīgs arī no patogēna potenciālās virulences (Swedjemark, Stenlid, 1997; Ļakomy *et al.*, 2011; Šķipars u.c., 2011). Lai novērstu *Heterobasidion* primāro izplatību ar bazīdijsporām, veicot kopšanas circes, nepieciešama celmu apstrāde ar bioloģiskajiem vai ķīmiskajiem preparātiem (Kenigšvalde u.c., 2011).

Jāatzīmē, ka *H. annosum* izraisītā sakņu trupe nebija vienīgais *P. contorta* var. *latifolia* bojāejas iemesls. Kalsnavas stādījumā atrasta arī celmene *Armillaria* spp.: uz 3 kaltsiem kokiem konstatēti *Armillaria* spp. auglķermeņi. Lielbritānijā veiktā pētījumā secināts, ka *P. contorta* var. *latifolia* kalšanas primārais iemesls var būt arī *Armillaria* spp. (Greig *et al.*, 2001). *Armillaria* spp. ir spēcīgs antagonists *H. annosum* s.l. nedzīvā koksnei (Morrison, Johanson, 1978; Shaw III, 1989) un var ietekmēt *Heterobasidion* izplatību egļu audzēs (Rönnerberg, Jørgenssen, 2000). Klimatam kļūstot siltākam, arī tās *Armillaria* spp. sugas, kas tiek raksturotas kā vāji patogēni, varētu izraisīt sakņu trupi, jo koku rezistenci ietekmēs siltuma un kaitēkļu izraisītais stress (Dukes *et al.*, 2009).

Mūsu iegūtie dati liecina, ka *P. contorta* var. *latifolia* ir uzņēmīga pret *H. annosum* s.s. un *H. parviporum*, tomēr inficēšanos būtiski biežāk izraisa *H. annosum* s.s. ($p < 0,05$) (1. tab.). *H. annosum* s.s. ir labāk adaptējies atbilstībai priežu ģints kokos, bet *H. parviporum* galvenais saimniekaugs ir *P. abies* (Gonthier, Thor, 2013). Somijā konstatēts, ka *P. contorta* raksturīga augsta uzņēmība arī pret *H. parviporum* un ka *P. contorta* ir uzņēmīgāka pret *H. parviporum* nekā *P. sylvestris* (Piri, 1996). Tādēļ rūpīgi izvērtējama *P. contorta* var. *latifolia*

lia stādījumu ierīkošana vietās, kur pastāv šādi riska faktori: saglabājušies iepriekšējās paaudzes trupējuši *P. sylvestris* un *P. abies* celmi vai ar *H. annosum* s.l. stipri inficētas audzes, kas veicina bazīdijsporu izplatību. Celmu izstrādes izmaksas ir vidēji 900 EUR ha⁻¹ (Cleary *et al.*, 2013 un citētā literatūra). Tā kā izstrādātos celmus var

izmantot, lai iegūtu biokurināmo, tad ilgtermiņā *P. contorta* var. *latifolia* audzēšana Latvijā varētu būt rentabla pat ar sakņu piepi inficētās platībās.

Turpmākajos pētījumos būtu pārbaudāma arī dažādu *P. contorta* var. *latifolia* provenienču uzņēmība pret *H. annosum* s.l.

Secinājumi

1. *P. contorta* var. *latifolia* ir uzņēmīga pret abām *Heterobasidion* sp. sugām, tomēr galvenais infekcijas izraisītājs ir *H. annosum* s.s.
2. *P. contorta* var. *latifolia* raksturīga būtiski augstāka uzņēmība pret *H. annosum* s.l., salīdzinot ar *P. sylvestris*.
3. Kopšanas cirtes laikā *P. contorta* var. *latifolia* audzēs rekomendējama celmu apstrāde ar bioloģiskajiem preparātiem.
4. Ierīkojot *P. contorta* var. *latifolia* stādījumus ar *H. annosum* s.l. inficētu *P. sylvestris* audžu vietā, jāapsver celmu izstrādes lietderība.

Pateicība: pētījumi veikti SIA "Meža nozares kompetences centrs" Eiropas Reģionālā Attīstības fonda projekta "Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai" (Nr. L-KC-11-0004) ietvaros. Paldies Laumai Brūnai, Dārtai Kļaviņai, Kristīnei Kenigshaldei, Dinai Nitišai, Ievai Druvai-Lūsītei, Agritai Kenigshaldei, Alvim Avgustiņam, Andim Adamovičam un Jānim Jansonam par palīdzību laboratorijas un lauka darbos.

Literatūra

1. Arhipova, N., Gaitnieks, T., Donis, J., Stenlid, J., and Vasaitis, R., 2011. Butt rot incidence, causal fungi and related yield loss in *Picea abies* stands of Latvia. *Canadian Journal of Forest Research* 41(12), 2337–2345.
2. Baumanis, I., Birģelis, J., un Paegle, M., 1992. Klinškalnu priede (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Englem) un tās introdukcijas perspektīva Latvijā. *Mežzinātne* 2, 4–15.
3. Baumanis, I., Jansons, Ā., un Gaile, A., 2006. Ilglaicīgo zinātniski pētniecisko objektu inventarizācija un datu bāzes izveide. *Mežzinātne* 16, 102–112.
4. Bendel, M., and Rigling, D., 2008. Signs and symptoms associated with *Heterobasidion annosum* and *Armillaria ostoyae* infection in dead and dying mountain pine (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*). *Forest Pathology* 38, 61–72.
5. Cinovskis, R., 1992. "Greizā" priede. *Mežzinātne* 2, 15–21.
6. Cleary, M., Arhipova, N., Morrison, D. J., Thomsen, I. M., Sturrock, R. N., Vasaitis, R., Gaitnieks, T., and Stenlid, J., 2013. Stump removal to control root disease in Canada and

- Scandinavia: A synthesis of results from long-term trials. *Forest Ecology and Management* 290, 5–14.
7. Despain, D. G., 2001. Dispersal ecology of logepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) in its native environment as related to Swedish forestry. *Forest Ecology and Management* 141, 59–68.
 8. Dimitri, L., Zycha, H., and Kliefoth, R., 1971. Untersuchungen über die Bedeutung der Stubben infektion durch *Fomes annosus* für die Ausbreitung der Rotfäule der Fichte. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 90, 104–117.
 9. Dukes, J. S., Pontius, J., Orwig, D., Garnas, J. R., Rodgers, V. L., and Brazee, N., Cooke, B., Theoharides, K. A., Stange, E. E., Harrington, R., Ehrenfeld, J., Gurevitch, J., Ler dau, M., Stinson, K., Wick, R., and Ayres, M., 2009. Responses of insect pests, pathogens and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: what can we predict? *Canadian Journal of Forest Research* 39, 231–248.
 10. Elfving, B., Ericsson, T., and Rosvall, O., 2001. The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden – a review. *Forest Ecology and Management* 141, 15–29.
 11. Garbelotto, M., and Gonthier, P., 2013. Biology, epidemiology and control of *Heterobasidion* species worldwide. *Annual Review of Phytopathology* 51, 39–59.
 12. Gonthier, P., and Thor, M., 2013. Annosus root and butt rots. In: Gonthier, P., and Nicolotti, G. (eds.). *Infectious Forest Diseases*. Wallingford: CAB International, 128–158 pp.
 13. Greig, J. W. B., Gibbs, N. J., and Pratt, E. J., 2001. Experiments on the susceptibility of conifers to *Heterobasidion annosum* in Great Britain. *Forest Pathology* 31, 219–228.
 14. Haynes, K. J., Allstadt, A. J., and Klimetzek, D., 2014. Forest defoliator outbreaks under climate change: effects on the frequency and severity of outbreaks of five pine insect pests. *Global Changing Biology* 20(6), 180–204.
 15. Hodges, C. S., 1969. Modes of infection and spread of *Fomes annosus*. *Annual Review of Phytopathology* 7, 247–266.
 16. Karlman, M., 1981. The introduction of exotic tree species with special reference to *Pinus contorta* in northern Sweden. *Studia Forestalia Suecica* (Umeå) 158, 25 pp.
 17. Kenigvalde, K., Donis, J., Korhonen, K., un Gaitnieks, T., 2011. *Phlebiopsis gigantea* skujkoku celmu bioloģiskajā aizsardzībā pret *Heterobasidion annosum* s.l. izraisīto sakņu trupi – literatūras apskats. *Mežzinātne* 23, 25–40.
 18. Korhonen, K., 1978. Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu* 94(6), 1–25.
 19. Korhonen, K., and Stenlid, J., 1998. Biology of *Heterobasidion annosum*. In: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., and Hütermann, A. (eds.). *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. Wallingford: CAB International, 43–70 pp.
 20. Laiviņš, M., Brice, M., Krampis, I., Knape, Dz., Šmite, D., un Šulcs, V., 2009. *Latvijas kokaugu atlants*. Rīga: SIA Apgāds Mantojums tipogrāfija, 606 lpp.

21. Łakomy, P., Kwaśna, H., and Dalke-Świdarska, M., 2011. The virulence of *Heterobasidion parviporum* population from Norway spruce stand in Suwałki forest district. *Acta Scientiarum Polonorum – Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 10(3), 27–36.
22. Lauska, A., 1970. Priedes un egles rezistence pret mākslīgu *Fomes annosus* (Fr.) CKE infekciju. *Jaunākais mežsaimniecībā* 12, 35–42.
23. Lindberg, M., 1992. S and P intersterility groups in *Heterobasidion annosum*; Infection frequencies through bark of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* seedlings and *in vitro* growth rates at different oxygen levels. *European Journal of Forest Pathology* 22 (1), 41–45.
24. Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, J. M., and Marchetti, M., 2010. Climate change impacts, adaptive capacity and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259, 689–709.
25. McLaughlin, J. A., and Šica, L., 1993. Growing pine in Latvia: pathological considerations. *Proceedings of the Latvia Academy of Sciences* 7, 49–56.
26. Morrison, D. J., and Johanson, A. L. S., 1978. Stump colonization and spread of *Fomes annosus* 5 years after thinning. *Canadian Journal of Forest Research* 8, 177–180.
27. Parker, I. M., and Gilbert, G. S., 2004. The evolutionary ecology of novel plant-pathogen interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35, 675–700.
28. 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.
29. Pukkala, T. Mõykkynen, T., Thor, M., Rönnerberg, J., and Stenlid, J., 2005. Modeling infection and spread of *Heterobasidion annosum* in even aged Fennoscandian conifer stands. *Canadian Journal of Forest Research* 35, 74–84.
30. R Core Team, 2014. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/> (resurss apskatīts 2015. gada 3. martā).
31. Rönnerberg, J., and Jørgensen, B. B., 2000. Incidence of root and butt rot in consecutive rotations of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15, 210–217.
32. Rönnerberg, J., and Svensson, S., 2013. Susceptibility of lodgepole pine to *Heterobasidion annosum* and *Heterobasidion parviporum* in Central Sweden. In: Carpetti, P., Comparini, M., La Porta, N., and Santini, A. (eds.). *Proceedings of XIII conference root and butt rot of forest trees, September 2011*. Firenze: Firenze University press, pp. 115–117.
33. Shaw, C. G. III, 1989. Is *Heterobasidion annosum* poorly adapted to incite disease in cool, wet environments? *General technical report PSW US Department of Agriculture Forest Service Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station* 116, 101–104.
34. Sisenis, L., 2013. *Klinškalnu priedes (Pinus contorta Dougl. var. Latifolia Englem.) introdukcijas perspektīvas Latvijā. Promocijas darbs*. Jelgava: Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 117 lpp.

35. Stenlid, J., and Swedjemark, G., 1988. Differential growth of S- and P-isolates of *Heterobasidion annosum* in *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. *Transactions of the British Mycological Society* 90, 209–213.
36. Svensson, S., 2011. *Pinus contorta* susceptibility to *Heterobasidion* spp.: master thesis. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 40 p.
37. Swedjemark, G., and Stenlid, J., 1995. Susceptibility of conifer and broadleaf seedlings to Swedish S- and P-strains of *Heterobasidion annosum* under greenhouse conditions. *Plant Pathology* 44, 73–79.
38. Swedjemark, G., and Stenlid, J., 1997. Between-tree and between-isolate variation for growth of S-group *Heterobasidion annosum* in sapwood of *Picea abies* cuttings. *Canadian Journal of Forest Research* 27, 711–715.
39. Šķipars, V., Gaitnieks, T., un Ruņģis, D. E., 2011. Metodikas aprobācija *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. izraisītās pigmentācijas novērtēšanai parastās priedes koksnē. *Mežzinātne* 24, 65–77.
40. Vasaitis, R., Stenlid, J., Thomsen, I. M., Barklund, P., and Dahlberg, A., 2008. Stump removal to control root rot in forest stands. A literature study. *Silva Fennica* 42(3), 457–483.
41. Vollbrecht, G., Hohansson, U., Eriksson, H., and Stenlid, J., 1995. Butt rot development, yield and growth pattern in a tree species experiment in southwestern Sweden. *Forest Ecology and Management* 76, 87–93.
42. Weissenberg, K. V., 1975. Pathogens observed on lodgepole pine grown in Finland. *European Journal of Forest Pathology* 5(5), 309–317.
43. Wolf-Crowther, M., Mozes, C., and Laczko, R., 2011. *Forestry in the EU and the world, A statistical portrait* [WWW dokuments]. URL <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5733109/KS-31-11-137-EN.PDF> [izdrukāts 2015. gada 3. aprīlī].
44. Спалвиньш, З., Ружа, Р., и Гоба, А., 1989. Региональные различия в устойчивости потомства сосны обыкновенной к корневым гнилям. Защита сосны и ели в Латвийской ССР. Рига: Зинатне, стр. 90–110.