

## Sakņu un stubbra trupi izraisošo sēņu sugu sastopamība egļu audzēs – lapu koku piemistrojuma ietekme uz *Heterobasidion* spp. izplatību

N. Arhipova<sup>1\*</sup>, J. Donis<sup>1</sup>, T. Gaitnieks<sup>1</sup>, I. Liepa<sup>2</sup>

Arhipova, N., Donis, J., Gaitnieks, T., Liepa, I. (2010). Root and butt rot causing fungi: the impact of broadleaved species admixture on the incidence of *Heterobasidion* spp. in spruce stands. Mežzinātne 22(55): 70-87.

**Kopsavilkums.** Lai novērtētu sakņu-stubbra trupi izraisošo sēņu sastopamību, kā arī trupējušo koku īpatsvaru egļu audzēs, 2005.-2006. gadā, izmantojot transektu metodi, apsekoti vairāk nekā 25000 egļu celmi (15-240 celmi parauglaukumā). Empīriskais materiāls ievākts 319 parauglaukumos Vidusdaugavas, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Ziemeļlatgales mežsaimniecībās: 162 izcirtumos un 157 audzēs, kur veiktas kopšanas cirtes. Trupi izraisošo sēņu izdališanai no 1182 trupējušiem celmiem ievākti koksnes paraugi. Nozāgētas arī 114 trupējušas egles, no kurām tāpat ņemti koksnes paraugi laboratorijas analīzēm.

Trupējušo celmu īpatsvars parauglaukumos –  $22,6 \pm 13,8\%$ . Konstatēts, ka izplatītākā trupi izraisošā sēne egļu audzēs ir *Heterobasidion parviporum*, kas atrasta 11,1% analizēto celmu un 55,2% nozāgēto paraugkoku. Otra izplatītākā sēne ir *Stereum sanguinolentum*, kas izdalīta no 3,0% celmu un 3,5% paraugkoku.

Analizējot lapu koku piemistrojuma ietekmi uz trapes sastopamību egļu audzēs, konstatēts, ka trupējušo celmu īpatsvars egļu tīraudzēs un mistraudzēs (lapu koku piemistrojums <50%) būtiski neatšķiras ( $p > 0,05$ ). Tomēr ar *H. parviporum* inficēto egļu tīraudžu īpatsvars ir būtiski lielāks nekā ar *H. parviporum* inficēto mistraudžu īpatsvars ( $p < 0,01$ ).

Lai novērtētu baltalkšņu piemistrojuma ietekmi uz sakņu trapes sastopamību egļu audzēs, 2008. gadā apsekotas 20 egļu-baltalkšņu mistraudzes Vidusdaugavas, Ziemeļvidzemes un Zemgales mežsaimniecībās. Iegūtie rezultāti salīdzināti ar datiem, kas raksturo trapes sastopamību egļu tīraudzēs iepriekšminēto mežsaimniecību teritorijās (39 egļu audzes, kur egļu audžu sastāva formulās sastāda 8 vienības un vairāk). Secināts, ka mistrotās egļu-baltalkšņu audzēs, kur baltalkšņu piemistrojums pārsniedz 30%, ir būtiski mazāk trupējušo egļu nekā tīraudzēs vai audzēs ar nelielu lapu koku piemistrojumu.

<sup>1</sup> LVMI "Silava", Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija;

\*e-pasts: natalija.arhipova@silava.lv

<sup>2</sup> Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Mežkopības katedra, Akadēmijas iela 11, Jelgava, LV-3001, Latvija

*Nozīmīgākie vārdi:* sakņu un stumbra trupe, *Heterobasidion*, egle, lapu koku piemistrojums, baltalksnis.

•••

Arhipova, N., Donis, J., Gaitnieks, T., Latvian State Forest Research Institute "Silava", Liepa, I. Latvia University of Agriculture, Department of Silviculture.

**Root and butt rot causing fungi: the impact of broadleaved species admixture on the incidence of *Heterobasidion* spp. in spruce stands.**

**Abstract.** During 2005-2006, incidence of root and butt rot in spruce stands and the presence of fungi responsible for it were investigated. Surveyed were altogether 319 stands dominated by Norway spruce (*Picea abies*) (162 clear-felled and 157 thinned stands) in the Vidusdaugava, Ziemeļkurzeme, Zemgale, and Ziemeļlatgale Forest Districts. In total, more than 25,000 spruce stumps were measured (15-240 stumps per stand) and the number of decayed stumps was recorded, using the transect method. To identify decay-causing fungi, wood samples from 1,182 decayed stumps were taken (1-12 samples per stand). In addition, 114 decayed spruces were cut down in four spruce stands in the Zemgale and Vidusdaugava Forest Districts and wood samples also were taken. From all samples fungal isolations were made and fungal species identified, using morphological and molecular techniques. PCR (polymerases chain reaction) were made using the primers ITS 1F and ITS 4. Sequencing was made by the Korean company Macrogen and sequences were manually edited, using the Seqmen software. For fungal species identification the NCBI and the sequence databases of the Swedish University of Agricultural Sciences were used. *Heterobasidion* species were identified, using the intersterility test.

Root rot incidence in analyzed spruce stands was  $22.6 \pm 13.8\%$ . *Heterobasidion parviporum*, isolated from 11.1% of spruce stumps and 55.2% of freshly cut trees, turned out to be the most widespread fungus causing root and butt rot, followed by *Stereum sanguinolentum*, which was found in 3% of spruce stumps and 3.5% of freshly cut trees.

Studied was also the impact of broadleaved species admixture on the incidence of root and butt rot. For the purpose of study the stands were grouped according to the species composition: (1) pure stands of spruce; (2) spruce stands with pine admixture (pine 10-50%), (3) spruce stands with 10% admixture of broadleaved species; (4) spruce stands with 20-50% of broadleaved admixture. The data were analyzed, using analysis of proportion. No significant differences ( $p > 0.05$ ) were found between the rot incidence in pure and mixed spruce stands (admixture of broadleaved species or pine  $< 50\%$ ). However, the proportion of *H. parviporum* infected pure stands of spruce was significantly higher than that for mixed stands infected with the same fungus ( $p < 0.01$ ).

In 2008, in the Vidusdaugava, Ziemeļvidzeme, and Zemgale Forest Districts 20 mixed spruce-grey alder stands (with alder admixture 30% and above) were investigated for the impact of grey alder admixture on the incidence of root rot in spruce

stands. The results were compared with those for similar spruce stands, surveyed in the previous experiment (39 stands with the proportion of spruce 80% and higher). The forest stands were grouped as follows: (1) pure spruce stands, (2) spruce stands with 10-20% of broadleaved admixture and (3) spruce stands with the admixture of grey alder above 30%. The data were analyzed, using the SPSS 14 software. In mixed spruce-grey alder stands at the admixture of grey alder above 30% the incidence of rot was found to be significantly lower than in the pure stands of spruce or in those with 10-20% admixture of broadleaves.

**Key words:** root and butt rot, *Heterobasidion*, spruce, mixed stands, grey alder.

•••

Архипова, Н., Донис, Я., Гайтниекс, Т., ЛГИЛ «Силава», Лиена, И., ЛСУ.  
**Возбудители корневой и стволовой гнили ели и влияние примеси лиственных деревьев на распространение *Heterobasidion* spp. в еловых насаждениях.**

**Резюме.** Для оценки распространения грибов, вызывающих корневую и стволовую гниль, а также измерения процента пораженных корневой гнилью елей, в 2005-2006 годах обследовано более 25000 еловых пней. Эмпирический материал собран в 319 лесных насаждениях, находящихся на территории Среднедаугавского, Северокурземского, Земгальского и Северолатгальского лесохозяйств. Всего обследованы 162 вырубki и 157 пробные площади, где проведены рубки ухода. Из 1182 гнилых пней взяты образцы древесины для выделения возбудителей гнили. Дополнительно спилено 114 пораженных гнилью елей, с которых также взяты образцы древесины для дальнейших анализов.

Количество пораженных гнилью еловых пней в среднем составляло  $22,6 \pm 13,8\%$ . Самым распространенным возбудителем гнили являлась корневая губка *Heterobasidion parviporum*, которая была выделена из 11,1% проанализированных пней и из 55,2% спиленных елей. Вторым самым распространенным грибом был *Stereum sanguinolentum*, который обнаружен в 3% еловых пней и в 3,5% спиленных елей.

Анализируя влияние примеси лиственных деревьев на распространение древесной гнили в еловых насаждениях, выяснено, что процент пораженных гнилью пней в чистых и смешанных еловых насаждениях (примесь лиственных деревьев не более 50%) существенно не отличается ( $p > 0,05$ ). Однако в процентах инфицированных *H. parviporum* чистых еловых насаждений существенно больше, чем инфицированных *H. parviporum* смешанных насаждений ( $p < 0,01$ ).

Чтобы определить влияние примеси серой ольхи на распространение древесной гнили в еловых насаждениях, в 2008 году обследовано 20 смешанных елово-ольховых насаждений (примесь серой ольхи не менее 30%) в Среднедаугавском, Северовидземском и Земгальском лесохозяйствах. Полученные результаты мы сравнили с данными, добытыми при обследовании еловых насаждений в

предыдущем эксперименте (39 еловых насаждений – ель в составе насаждения не менее 80%). Выяснено, что в смешанных насаждениях ели, где примесь серой ольхи не менее 30%, процент пораженных гнилью елей существенно ниже, чем в чистых еловых насаждениях или в еловых насаждениях с небольшой (10-20%) примесью лиственных деревьев.

**Ключевые слова:** корневая и стволовая гниль, *Heterobasidion*, ель, смешанные насаждения, серая ольха.

### Ievads

Sakņu un stumbra trupe rada ievērojamus ekonomiskos zaudējumus meža apsaimniekotājiem. Egļu audzēs trupi izraisa vairākas bazīdijsēņu sugas, no kurām biežāk sastopamas ir sakņu piepe *Heterobasidion* spp., celmene *Armillaria* spp. un asinssarkanā sīkpiepe *Stereum sanguinolentum* (pēdējā izraisa tikai stumbra trupi). Pēc K. Korhonenā datiem, apmēram 15% egļu audžu Somijas dienvidos ir trupējušas (atsevišķās platībās trupes skarto koku īpatsvars sasniedz 30%) un 80% gadījumu primārais trupes izraisītājs ir *Heterobasidion* spp. (Korhonen, Piri, 2002).

Latvijā sastopamas 2 sakņu piepju sugas – *Heterobasidion annosum* (P grupa) un *Heterobasidion parviporum* (S grupa). *H. parviporum* pārsvarā inficē egles, bet *H. annosum* inficē ne tikai skujkokus (egle, priede), bet arī lapu kokus – īpaši mistraudzēs ar priedi. Veselas audzes parasti inficējas kopšanas cirtes laikā, jo svaigi celmi ir piemērots substrāts sakņu piepes sporu attīstībai. Retāk inficēšanās notiek arī caur stumbra un sakņu brūcēm. Kolonizējot celmu vai koka saknes, sēnes hifas, saknēm savstarpēji saskaroties, izplatās uz blakus augošiem kokiem. No inficētajām saknēm trupe izplatās stumbrā, dažreiz līdz 10 m augstumam, radot mežsaimniecī-

bai lielus zaudējumus, jo bojāta tiek stumbra vērtīgākā daļa – pirmais balķis. Sakņu trupe ir bīstama arī tādēļ, ka ilgstoši saglabā dzīvotspēju trupējušā koksne (50-60 gadus) un var inficēt nākamo koku ģenerāciju (Rishbeth, 1951; Kallio, 1970; Greig, Pratt, 1976; Stenlid, 1987; Pratt, Greig, 1988; Korhonen, Piri, 1994; Piri, 1996; Woodward *et. al.*, 1998; Redfern *et. al.*, 2001). Ar sakņu piepi inficētās egles pastiprināti izdala sveķus, un to stubrs lejasdaļā kļūst resnāks, turpretī priedes parasti nokalst (Woodward *et. al.*, 1998).

Otra nozīmīgākā sakņu trupi izraisošo sēņu grupa ir celmenes: *Armillaria borealis*, *A. cepistipes*, *A. mellea* un *A. ostoyae*. Ziemeļu celmene – *A. borealis* – bieži izraisa skujkoku sakņu trupi, bet reti ir iemesls to bojāejai. Somijā šī sēne inficējusi apmēram 7% egļu (Piri *et. al.*, 1990). Bumbuļkāta celmene *A. cepistipes* pārsvarā ir saprofitiska, bet dažreiz inficē dzīvus, parasti novājinātus, kokus (gan skuju, gan lapu kokus). Somijā tā konstatēta apmēram 3% trupējušo koku (Piri *et. al.*, 1990). Tumšā celmene *A. ostoyae* ir visizplatītākā un visagresīvākā celmeņu suga, kas parazitē uz skujkokiem. Šī sēne bieži izraisa inficēto koku bojāeju. Sēne var inficēt arī lapu kokus, ja tie aug mistraudzē ar skujkokiem. Bīstama ir arī parastā celmene *A. mellea*,

kas galvenokārt sastopama Dienvidrietumeiropā. Šī suga pārsvarā parazitē uz lapu kokiem, bet var inficēt arī jaunus vai novājinātus skujukokus, īpaši, ja tie aug bijušo lapu koku audžu vietā. Visas celmenes izraisa balto trupi. *Armillaria* ģints sugas veido sazarotus, tumšbrūnus micēlija veidojumus – rizomorfas, ar kurām tās izplatās augsnē no koka uz koku. *Armillaria* spp. dzīvo kā saprofīti arī uz celmiem un kritālām (Roll-Hansen, 1985; Termorshuizen, Arnolds, 1994; Prospero *et. al.*, 2004).

Asinssarkanā sīkpiepe – *Stereum sanguinolentum* – parazitiska sēne, kas izraisa skujukoku sarkano serdes trupi. Tā inficē kokus mizas bojājumu vietās un izraisa tikai stumbra trupi (Ali El Atta, Hayes, 1987; Vasiliauskas, Stenlid, 1998). Somijā *S. sanguinolentum* konstatēta 5% trupējušo egļu (Korhonen, Piri, 2002).

Sakņu trupes – *H. annosum* s.l.– ierobežošanai ieteikti vairāki mežsaimnieciski pasākumi: celmu izvākšana, svaigu celmu apstrāde ar ķīmiskiem vai bioloģiskiem preparātiem, mežsaimnieciskā darbība aukstajā gada laikā, rezistentāka stādmateriāla izmantošana, saīsināts audzes rotācijas laiks, stādīšana lielākos intervālos, kontrolēta dedzināšana (Woodward *et. al.*, 1998; Korhonen, Piri, 2002). Viens no biežāk lietotajiem paņēmieniem ir mistrudžu ierīkošana. Pasaulē veikti daudzi pētījumi, bet iegūti samērā pretrunīgi rezultāti. Lielākā daļa autoru atzīmē, ka lapu koku piemistrojums samazina *Heterobasidion* sakņu trupes izplatību (Vasiliauskas, 1980; Huse *et. al.*, 1994; Linden, Vollbrecht, 2002; Vasiliauskas *et. al.*, 2002; Lygis *et. al.*, 2004a; Pautasso *et. al.*, 2005,

Thor *et. al.*, 2005). Lapu koku piemistrojums samazina sakņu saskares iespējamību starp skujukokiem, kas ir uzņēmīgi pret *H. annosum* (Reynolds, Bloomberg, 1982). Piemistrojuma pozitīvo efektu skaidro arī ar augsnes mikrofloras sastāva izmaiņām un to antagonistiskajām īpašībām pret *H. annosum* (Johansson, Marklund, 1980). Piemēram, baltalkšņa piemistrojums izmaina augsnes īpašības, labvēlīgi ietekmējot egles sakņu mikorizāciju un palielinot pret *H. annosum* antagonistiskas rizosfēras mikrofloras īpatsvaru (Johansson, Marklund, 1980; Gaitnieks *et. al.*, 2000a; Liepa, Gaitnieks, 2002; Arhipova *et. al.*, 2008). E. Rohmeder (1937), analizējot pētījumu datus, secinājis, ka *Fagus sylvatica* piemistrojums uzlabo augsnes īpašības, līdz ar to uzlabojot arī egles augšanas apstākļus. Citu pētījumu rezultāti vai nu vispār neuzrāda pozitīvu vai negatīvu lapu koku piemistrojuma ietekmi uz *Heterobasidion* spp. izplatību (Werner, 1973; Troedsson, Nilsson, 1980; Kärkkäinen, 1982; Siepmann, 1984; Piri, 2003a), vai arī uzrāda trupes īpatsvara palielināšanos mistrudzēs (Falck, 1930; Peace, 1938; Greig, 1962). Jāatceras, ka lapu koku piemistrojums var samazināt sakņu trupes izplatību tikai egļu audzēs, kas inficētas ar *H. parviporum* (S grupa). Ja audze inficēta ar *H. annosum* s.s., tad lapu koku piemistrojums nelīdzēs, jo sakņu piepes P grupa inficē arī lapu kokus (Piri, 1996; Lygis *et. al.*, 2004b). Daži autori atzīmē, ka sakņu trupes izplatību egļu audzēs priedes piemistrojums ierobežo vairāk nekā lapu koku piemistrojums (Piri *et. al.*, 1990; Korhonen *et. al.*, 1992; Huse *et. al.*, 1994; Kaarna-Vuorinen,

2000). Tomēr pagaidām vēl nav skaidri visi piemistrojuma ietekmes aspekti, piemēram, citu koku sugu piemistrojuma ietekme egļu jaunaudzēs (Piri, 2003b).

Mūsu pētījuma mērķis – novērtēt egļu sakņu un stumbra trupī izraisīto sēņu sugu sastopamību egļu audzēs, kā arī analizēt lapu koku piemistrojuma ietekmi uz sakņu trapes izplatību.

### **Materiāls un metodika**

#### ***Lauku darbu metodika***

Vidusdaugavas, Ziemeļkurzemes, Zemgales un Ziemeļlatgales mežsaimniecībās 2005.-2006. gadā apsekoti 319 meža nogabali, kuros iepriekšējā gadā veiktas kailcirtes (162 audzes) vai kopšanas cirtes (157 audzes). Katrā audzē, izmantojot transektu metodi, uzmēriti vidēji 80 egļu celmi (15...240 celmi) (Bloomberg, 1990). Celmiem noteikts diametrs, bet trupējušajiem arī bojātās daļas laukums. Katrā parauglaukumā no trupējušiem celmiem ņemti koksnes paraugi (1-12 katrā parauglaukumā), lai novērtētu *Heterobasidion* spp., kā arī citu sēņu klātbūtni konkrētajā parauglaukumā – kopā 1182 paraugi. Pavisam analizēti 25117 egļu celmi.

Lai novērtētu trapes izplatību stumbrā, četros objektos (Zemgales mežsaimniecības Misas iecirkņa 185. kvartālā, Vidusdaugavas mežsaimniecības Madlienas iecirkņa 493. un 494. kvartālā, Zemgales mežsaimniecības Ērgļu iecirkņa 81. kvartālā) nozāģēti 114 trupējuši koki. No katra koka stumbra dažādā augstumā (pie celma, 3-4 m augstumā un augstākajā trapes izplatības punktā) nozāģētas

2-3 ripas, no kurām arī ņemti koksnes paraugi turpmākajām analizēm.

Lai novērtētu baltalkšņa piemistrojuma ietekmi uz sakņu trapes izplatību, 2008. gadā apsekotas egļu-baltalkšņu mistraudzes Vidusdaugavas, Rietumvidzemes un Zemgales mežsaimniecībās. Izpētei izvēlētas 20 egļu audzes (izmantojot LVM sniegto informāciju) ar iespējami lielāku baltalkšņu piemistrojumu.

Katram nogabalam dabā iezīmēta viena vai vairākas 4 m platas diagonāles. Audzēs, kur pēdējo divu gadu laikā veikta saimnieciskā darbība – krājas kopšanas cirte, sanitārā izlases cirte – uzmēriti 50 egļu celmi; pārējos nogabalos ar Preslera svārpstu pie sakņu kakla (10-15 cm virs zemes) izurbtas 50 augošas egles un iegūtajām skaidām noteikti trapes bojājumi.

### **Kamerālo darbu metodika**

#### ***Laboratorijas darbu metodika***

#### ***mikroskopisko sēņu sugu identifikācijai***

Laboratorijā visi ievāktie koksnes paraugi īsu brīdi sterilizēti liesmā un novietoti Petri platē – iesala agara barotnē (15 g iesala ekstrakta, 12 g agara uz 1 l destilēta ūdens) divos atkārtojumos. Pēc 7-20 dienām no katras izaugušās sēņu kolonijas ar skalpeli izgriezts agara bloks (5 × 5 mm) un tīrkultūras iegūšanai pārņests jaunā iesala barotnē. Pēc 15 dienām visas kultūras mikroskopētas, izmantojot Leica DM4000B mikroskopu (palielinājums × 100) un sadalītas grupās pēc morfoloģiskajām pazīmēm.

*Heterobasidion* spp. noteikts pēc micēlija mikroskopiskajām pazīmēm. Sēņu

sugas identificēšanai lietots intersterilitātes tests (Korhonen *et. al.*, 1992), izmantojot S un P grupas sēņu testkultūras (Somija, K. Korhonen). Pārējās sēnes noteiktas ar molekulārām metodēm.

DNS ekstrakcijai izmantots 2% CTAB (cetiltrimetilamonija bromīds) šķīdums. Izvēlētais sēnes micēlijs 10 dienas audzēts šķīdrajā barotnē (bez agara). Ar pinceti neliels micēlija gabals pārnestis sterilā stobriņā (1 ml), pievienojot 800 µl CTAB un 3 stikla lodītes (ø 1 mm). Tad stobriņš ievietots maisītājā „Fast-prep 2000”, kur micēlijs sasmalcināts ar ātrumu 6000 apgriezienu / min. (trīs reizes pa 45 min). Pēc tam tas novietots uz sildītāja „Thermolyne”, kur turēts vienu stundu 65°C, tad centrifugēts (uz centrifūgas „Biofuge”) ar ātrumu 7500 apgriezienu / min (5 min). Tālāk no katra stobriņa ar Eppendorfa mehānisko pipeti paņemts 750 µl šķīduma, kas pārnestis sterilā Eppendorfa mēģenē. Velkmes skapī pievienoti 750 µl hloroforma un veikta centrifugēšana ar maksimālo ātrumu (13000 apgriezienu / min) 8 min. Ar mehānisko pipeti (Eppendorf) no virsējā slāņa paņemti apmēram 500 µl šķīduma, tam pievienoti 800 µl izopropanola un centrifugēts ar maksimālo ātrumu 25 min. Pēc tam uzmanīgi novākts izopropanols, pievienoti 200 µl 70% etilspirta un centrifugēts ar maksimālo ātrumu 5 min. Ar pipeti uzmanīgi atsūkts spirts un Eppendorfa mēģene pusstundu turēta ar atvērtu vāku, lai izgarotu viss etilspirts. Tad pievienoti 50 µl dejonizēta ūdens un mēģene ievietota ledusskapī 4°C. DNS daudzums paraugā un tā kvalitāte noteikta apmēram

pēc 12 stundām ar spektrofotometru.

Polimerāzes ķēdes reakcijai (PCR) izmantota RedTaq polimerāze, bet sēnēm – specifiski praimeru Its 1F un Its 4. Master Mix pagatavošanai izmantoti 4,25 µl dejonizēta ūdens, 2,5 µl PCR bufera Y, 2,5 µl dNTP, 0,5 µl praimera Its 4, 0,5 µl praimera Its 1F, 1,5 µl mangāna hlorīda un 0,75 µl RedTaq polimerāzes katram paraugam. Viss process veikts uz ledus, lai nepieļautu polimerāzes dezaktivāciju. Gatavais Master Mix iepildīts PCR stobriņos – 12,5 µl katrā – un pievienoti 12,5 µl atšķaidīta DNS šķīduma. PCR veikts uz „Mastercycler 5330”, izmantojot „its 55” programmu. Gatavais PCR produkts attīrīts ar CIAP (*calf intestinal alkaline phosphatase*) un nosūtīts firmai Macrogen (Koreja) tālākai sekvenēšanai. Iegūtās sekvences apstrādātas ar DNASTAR SeqMan 5.07 programmu (Hellman, Universitet Uppsala). Sēņu sugas noteiktas, izmantojot NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>) un Zviedrijas Lauksaimniecības Universitātes (lokālā) datu bāzes.

#### *Datu apstrādes metodes*

Katram parauglaukumam aprēķināts trupējušo egļu īpatsvars procentos. Izmantojot audžu taksācijas aprakstos dotās sastāva formulas, audzes pēc piemistroto sugu īpatsvara iedalītas 4 grupās:

1. grupa – egļu tīraudzes (10 egles, dažreiz „plus” atsevišķi lapu koki),
2. grupa – egļu mistraudzes ar priedi (10-50%),
3. grupa – egļu audzes ar lapu koku piemistrojumu (9 egles un 1 lapu koks),
4. grupa – egļu mistraudzes (8 un mazāk egles, 2 un vairāk lapu koki un priedes).

Katrai grupai aprēķināts ar *Heterobasidion* inficēto audžu un trupējušo celmu īpatsvars. Īpatsvaru salīdzināšanai izmantota proporciju intervālu noteikšanas metode, pie būtiskuma intervāla 5% ( $\alpha = 0,05$ ) (Olsson, Engstrand 2006).

Lai salīdzinātu trupējušo egļu īpatsvaru audzēs ar baltalkšņu piemistrojumu, izmantota informācija par jau minēto mežniecību teritorijās uzņēmīto līdzīga vecuma (30-60 gadi), meža tipa (Ap, Gr, Vr, Dm, Vrs, Grs), 39 egļu audžu (E sastāva formulā 8 vienības un vairāk) rādītājiem un dati par trupējušo egļu īpatsvaru, kas iegūti A/S „Latvijas Valsts meži” finansētā projekta „Sakņu trapes uzraudzība un ierobežošana skujkoku mežos” ietvaros.

Tā kā lielākajā daļā gadījumu trupējušo egļu īpatsvars ir mazāks par 20%, veikta arksinusa transformācija (Liepa, 1974). Transformēto datu atbilstība normālajam sadalījumam pārbaudīta, izmantojot Kolmogorova-Smirnova testu un Šapiro-Vilka testu. Dispersijas homogenitāte pārbaudīta, pielietojot Levenija testu (Field, 2005). Tā kā datu transformētās vērtības par trupējušo egļu īpatsvaru gradācijas klasē „mistrotas egļu baltalkšņu audzes” neatbilda normālajam sadalījumam, bet dispersija, to aprēķinot pēc modālajām vērtībām, uzskatāma par homogēnu, dispersijas analīze veikta divos variantos:

1. parametriskās metodes: divfaktoru dispersijas analīze (parametriskais tests), salīdzinot divus faktorus: mistrojums 3 gradāciju klasēs (egļu tīraudzes, egļu audzes ar lapu koku

piemistrojumu līdz 20% un mistrotas egļu-baltalkšņu audzes ar vismaz 30% baltalkšņu piemistrojumu) un meža tipu grupa 2 gradāciju klasēs [S (Vr, Vrs, Dm) un B (Ap, Gr, Grs)]. Gradācijas klašu atšķirību būtiskums vērtēts pēc Geimsa-Hovela testa. Aprēķini veikti ar datorprogrammu SPSS 14.

2. Neparametriskās metodes: vienfaktora dispersijas analīze – Kruskala-Vallisa tests. Faktors – mistrojums 3 gradāciju klasēs (egļu tīraudzes, egļu audzes ar lapu koku piemistrojumu līdz 20% un mistrotas egļu-baltalkšņu audzes ar vismaz 30% baltalkšņu piemistrojumu) un Manna-Vitneja tests – mistrojums 2 gradāciju klasēs (apvienotas egļu tīraudzes un audzes ar lapu koku piemistrojumu, kas salīdzinātas ar mistrotām egļu-baltalkšņu audzēm). Aprēķini veikti ar datorprogrammu SPSS 14.

## Rezultāti un diskusija

### *Trupi izraisošās sēnes*

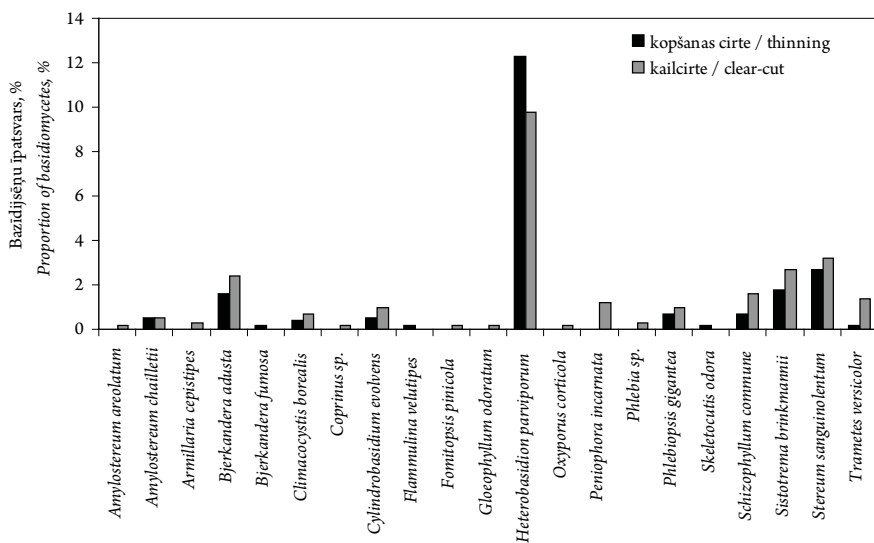
Pēc iegūtajiem datiem secināts, ka izplatītākā trupi izraisošā sēne ir *Heterobasidion parviporum* (*Heterobasidion annosum* S grupa), kas izdalīta no 11,1% trupējušo egļu celmu. No citām trupi izraisošām sēnēm celmos atrastas *Stereum sanguinolentum* (3%), *Amylostereum areolatum* (0,1%), *Amylostereum chailletii* (0,5%), *Bjerkandera adusta* (2%), *Armillaria cepistipes* (0,2%), *Climacocystis borealis* (0,5%) un *Fomitopsis pinicola* (0,1%). Izdalīto bazīdijsēņu īpatsvara salīdzinājums redzams 1. attēlā. No koksnes izolētas arī askomicētes un nepilnīgi



pazīstamās sēnes, kas šajā darbā nav analizētas. Trupi izraisošās sēnes no dažiem paraugiem izdalīt neizdevās: iemesls varētu būt citu ātrāk augošu sēņu un baktēriju attīstība, kas inhibētējusi atsevišķu sēņu augšanu.

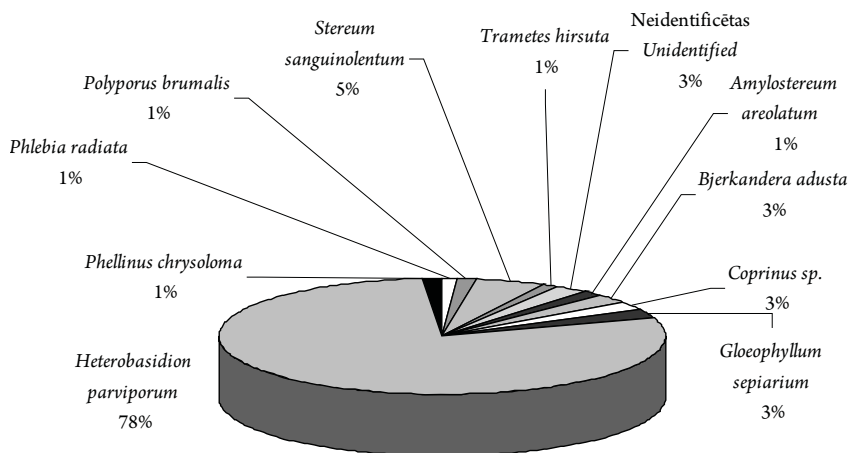
*H. parviporum* dominēja arī anali-

zētajos paraugkokos (78% no izdalītajām bazīdijsēnēm). No nozāgētajiem kociem (paraugkokiem) vēl izdalītas *Amylostereum areolatum* (1%), *Stereum sanguinolentum* (5%), *Bjerkandera adusta* (3%), *Phellinus chrysoloma* (1%) un *Trametes hirsuta* (1%) (2. attēls).



1. attēls. Izdalīto bazīdijsēņu īpatsvars egļu celmos (N = 1182).

Figure 1. Proportion of basidiomycetes in spruce stumps (N = 1182).



2. attēls. No augošajiem kociem izdalīto bazīdijsēņu īpatsvars (N = 114).

Figure 2. Proportion of basidiomycetes isolated from living trees (N = 114).

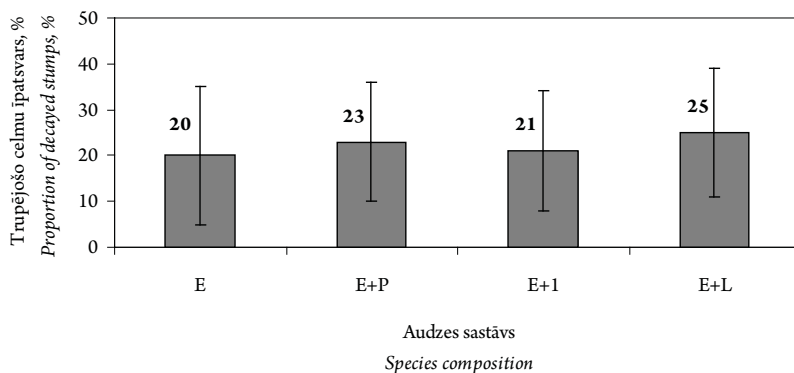
Ar *Heterobasidion parviporum* inficēto koku īpatsvars augošajos paraugkokos sasniedza 36...71% (vidēji 55,2%). Pārējo trupi izraisīošo sēņu, tādu kā *Stereum sanguinolentum*, *Phellinus chrysoloma* un *Amylostereum areolatum*, īpatsvars analizētajos kokos bija daudz mazāks. Vairākums saprofitisko sēņu izdalītas no stipri satrupējušiem kokiem celma augstumā (0,2-0,3 m).

### Lapu koku ietekme uz sakņu trupes izplatību egļu audzēs

Lai analizētu lapu koku piemistrojuma ietekmi uz *Heterobasidion* spp. izplatību egļu audzēs, izdalītas 4 audžu grupas – egļu tīraudzes (10 egles, dažreiz „plus” atsevišķi lapu koki), egļu mistraudzes ar priedi (10-50%), egļu audzes ar lapu koku piemistrojumu (10% lapu koku), egļu mistraudzes (20% un vairāk lapu koku).

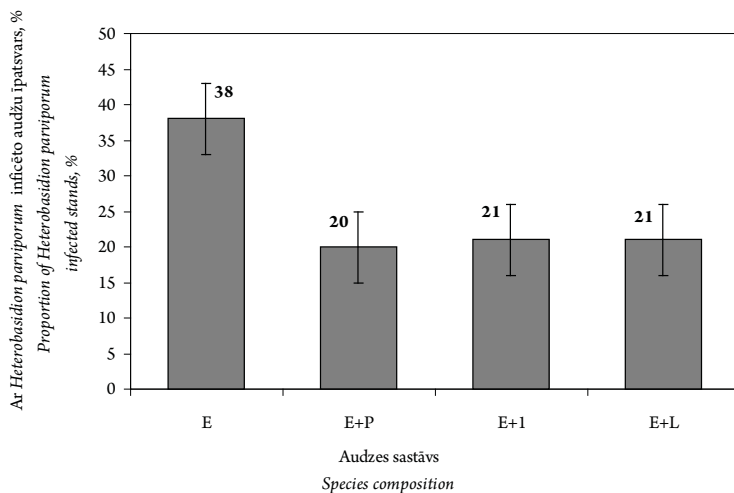
Salīdzinot trupējušo celmu īpatsvaru analizētajās audžu grupās, būtiskas atšķirības netika konstatētas (3. attēls) ( $p > 0,05$ ). Trupējušo celmu daudzums svārstījās no 21% tīraudzēs līdz 25% mistraudzēs ar priežu un lapu koku piemistrojumu. Tas varētu būt skaidrojams ar citu sēņu sugu ietekmi, piemēram, *Armillaria* spp., kas no koksnes bieži ir grūti izdalāma.

Apkopojot un analizējot datus par *Heterobasidion parviporum* sastopamību, secināts, ka ar *H. parviporum* inficēto egļu tīraudžu īpatsvars ir būtiski lielāks (38%; pie  $\alpha = 0,05$ ,  $p < 0,01$ ) nekā ar *H. parviporum* inficēto mistraudžu īpatsvars (18...21%), kas būtībā atbilst arī citu autoru pētījumu rezultātiem (Vasilauškas, 1980; Huse *et. al.*, 1994; Linden, Vollbrecht, 2002; Vasilauškas *et. al.*, 2002; Lygis *et. al.*, 2004a; Pautasso *et. al.*, 2005; Thor *et. al.*, 2005) (4. attēls).



3. attēls. Trupējušo egļu celmu īpatsvars egļu tīraudzēs un mistraudzēs (E – tīraudzes; E+P – egļu audzes ar priedes piemistrojumu; E+1 – egļu audzes ar 10% lapu koku piemistrojumu; E+L – egļu audze ar vairāk nekā 20% lapu koku priežu piemistrojumu).

Figure 3. Proportion of decayed spruce stumps (E – pure spruce stands; E+P – spruce stands with pine admixture; E+1 – spruce stands with 10% admixture of broadleaves; E+L – spruce stands with more than 20% of broadleaved species and pine admixture).



4. attēls. Ar *Heterobasidion parviporum* inficēto egļu audžu īpatsvars (E – tīraudzēs; E+P – egļu audzēs ar priedes piemistojumu; E+1 – egļu audzēs ar 10% lapu koku piemistojumu; E+L – egļu audzēs ar vairāk nekā 20% lapu koku un priežu piemistojumu).

Figure 4. Proportion of spruce stands, infected with *Heterobasidion parviporum* (E – pure spruce stands; E+P – spruce stands with pine admixture; E+1 – spruce stands with 10% admixture of broadleaves; E+L – spruce stands with more than 20% admixture of broadleaves and pine).

Atšķirīgie dati par *H. parviporum* un trupējušo celmu īpatsvaru skaidrojami ar to, ka, konstatējot trupi uz celma, tās izraisītājs ir grūti identificējams: tā var būt ne tikai sakņu trupe, ko izraisa *Heterobasidion* un *Armillaria* ģints sēnes, bet arī stumbra trupe, ko savukārt izraisa *Stereum sanguinolentum* un citi brūču patogēni. Ir noskaidrots, ka lapu koku piemistojums var palielināt citu slimību izplatību, piemēram, *Armillaria* sakņu trapes izplatību (Lakomy, 2000).

Izvēloties piemistojumam piemērotāko koku sugu, jāņem vērā ne tikai konkrētās sugas ietekme uz *Heterobasidion parviporum* izplatību, bet arī citi faktori: svarīga nozīme ir audzēs produktivitātei un starpsugu konkurencei. Spēcīgi attīstīts piemistoto sugu koku vainags un sakņu konkurence var samazināt valdošās sugas

koku pieaugumu un pat pastiprināt to uzņēmību pret sakņu trupi un citām slimībām.

Piemistojums izmantojams, ja izvēlētā koku suga ir samērā rezistentā un produktīva. Šajā gadījumā svarīgi ir pareizajā laikā veikt visus mežsaimnieciskos pasākumus piemistojuma negatīvās ietekmes ierobežošanai. Lai samazinātu sakņu piepes veģetatīvo izplatību skujkoku audzēs, vēlams lapu koku stādīšana nevis grupās, bet pa vienam (Woodward *et. al.*, 1998).

Pašreiz grūti rast konkrētu atbildi uz jautājumu, kāda ir piemistojuma nozīme sakņu trapes izplatības samazināšanā. Eksperimentālo stādījumu ierīkošana ir ilgstoša; savukārt ļoti grūti atrodama audze, kuras izpētes rezultāti ļautu secināt, ka galvenais trapes izplatību ietekmējošais

faktors ir lapu koku piemistrojums. Vairākiem citiem faktoriem, tādiem kā audzes vēsture un konkrētā gadalaikā veiktā saimnieciskā darbība, var būt lielāka ietekme uz trupes izplatību nekā audzes sastāvam. Veicot mežizstrādi vasarā un nenodrošinot celmu apstrādi ar bioloģiskajiem vai ķīmiskajiem preparātiem, būtiski tiek veicināta inficēšanās ar *Heterobasidion* spp. bazīdijsporām (Woodward *et. al.*, 1998). Piemēram, ja egles tiks stādītas izcirtumā, kur jau ieviesusies *Heterobasidion* sakņu trupe, lapu koku piemistrojums pozitīvu efektu nedos, jo jaunie kociņi inficēsies, to saknēm saskaroties ar trupējušo celmu saknēm (Piri *et. al.*, 1990.). Svarīga nozīme ir arī piemistrojuma koku proporcijai: tikai piemistrojums, kas ir 20-30% un vairāk, var būtiski samazināt trupes izplatību (Woodward *et. al.*, 1998; Linden, Vollbrecht, 2002). Mūsu analizētajos parauglaukumos, kur pārsvarā dominēja egle, parauglaukumu skaits ar 40-60% lapu koku piemistrojumu bija ļoti ierobežots. Arī K. Korhonens atzīmē, ka citu koku sugu piemistrojuma ietekme trupes izplatības ierobežošanā ir sekmīga, ja piemistrojums sastāda vismaz 50% (Korhonen, Piri, 2002; Linden, Vollbrecht, 2002).

Tiek uzskatīts, ka lapu koku tiraudzes parasti ir rezistentas pret *Heterobasidion* sakņu trupi. Savukārt Lietuvā veikto pētījumu rezultāti liecina, ka bērzi, kas iestādīti *H. annosum* iepriekš stipri skartās platībās (priede), arī ir inficēti ar *H. annosum* (Lygis *et. al.*, 2004b). Tomēr iespējams, ka šajā gadījumā nav

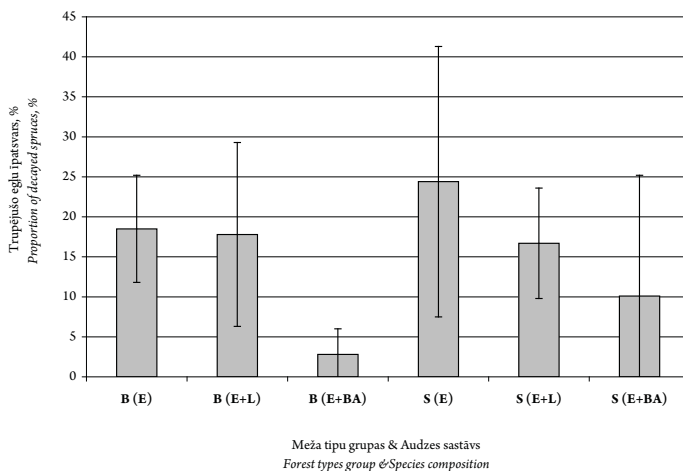
izvēlēts piemērots stādmateriāls (Korhonen, 2005).

### *Trupes izplatība mistrotās egļu-baltalkšņu audzēs*

Iegūtās vidējās trupes īpatsvara (%) vērtības analizētajos parauglaukumos salīdzinātas 5. attēlā un liecina, ka baltalkšņu piemistrojums sakņu trupes izplatību vairāk ierobežo tieši eitrofās audzēs.

Tā kā vidējais īpatsvars ir mazāks par 20%, analizē izmantotas trupes īpatsvara transformētās vērtības (arksinusa transformācija) (Liepa, 1974). Konstatēts, ka pastāv statistiski būtiskas atšķirības starp mistrojuma grupām ( $F(2,53) = 14,93$ ,  $p < 0,01$ ), savukārt atšķirības starp mežu tipu grupām un mijiedarbību „mistrojums  $\times$  meža tipu grupa” statistiski nav būtiskas – attiecīgi  $F(1,53) = 0,700$ , ( $p = 0,4$ ) un  $F(2,53) = 0,262$ ,  $p = 0,77$  (1. tabula).

Veicot gradāciju klašu salīdzinājumu, konstatēts, ka mistrotās egļu-baltalkšņu audzēs trupes īpatsvars ir būtiski zemāks nekā egļu tīraudzēs un egļu audzēs ar nelielu lapu koku piemistrojumu ( $p < 0,001$ ), savukārt pēdējās divas gradāciju klases būtiski neatšķiras ( $p = 0,431$ ). Tādējādi gradācijas klase – „mistrotas egļu-baltalkšņu audzes” – uzskatāma par piederīgu citai ģenerālkopai. Tā kā datu analīzes gaitā konstatēts, ka vienai no gradāciju klasēm arī transformētās trupējušo koku īpatsvara vērtības neatbilst normālam sadalījumam (Kolmogorova – Smirnova testa vērtība gradācijas klasei „egle-baltalkšņu mistrojums” ir 0,284, kas pie  $df = 20$  ir statistiski



5. attēls. Trupējušo egļu īpatsvars E audzēs.

B – eitrofie meži, S – mezotrofie meži, (E) – egļu tīraudzes, (E+L) – egļu audzes ar lapu koku piemistojumu < 20%, (E+BA) – egļu audzes ar vismaz 30% baltalkšņu piemistojumu.

Figure 5. Proportion of decayed spruces in spruce stands.

B – eutrophic forests, S – mesotrophic forests, (E) – spruce monocultures, (E+L) – spruce stands with admixture of broadleaves < 20%, (E+BA) – spruce stands with admixture of grey alder > 30%.

1. tabula / Table 1

Dispersijas analīzes kopsavilkums (trupes īpatsvara arkusinusa transformētās vērtības)  
Analysis of variance (proportion of root rot arcsine transformed)

	III tipa noviržu kvadrātu summa Type III sum of squares	Brīvības pakāpju skaits Degree of freedom	Dispersija Variance	Fišera kritērija vērtība F value	Būtiskums Significance P
Koriģētais modelis Corrected model	1,239	5	0,248	7,151	0,000
Vienādojuma brīvais loceklis Intercept	6,208	1	6,208	179,106	0,000
Meža tipu grupa Forest site type	0,024	1	0,024	0,700	0,406
Mistrojums Admixture	1,035	2	0,518	14,932	0,000
Meža tipu grupa × mistrojums Forest site type × admixture	0,018	2	0,009	0,262	0,770
Kļūda Error	1,837	53	0,035		
Kopā Total	10,618	59			
Koriģētais kopā Corrected total	3,076	58			

būtiska), datu analīzei izmantotas neparametriskās metodes. Veicot Kruska la-Vallisa testu, secināts, ka starp gradāciju klasēm pastāv būtiska atšķirība ( $\chi^2 = 21,3$  ( $df = 2$ ),  $p = 0,001$ ). Apvienojot egļu tīraudzes un egļu audzes ar lapu koku piemistrojumu (lapu koki <20%) vienā gradācijas klasē un salīdzinot to ar egļu audzēm ar baltalkšņu piemistrojumu (baltalkšnis >30%) (izmantots Manna-Vitneja tests), konstatēta statistiski būtiska atšķirība starp izdalītajām gradāciju klasēm ( $U = 106,5$ ,  $p < 0,001$ ).

Mūsu iepriekšējo pētījumu rezultāti liecina, ka baltalkšņu piemistrojums veicina egļu mikorizas tipu daudzveidību un vitalitāti (Gaitnieks *et. al.*, 2000b), savukārt šajā gadījumā baltalkšņu piemistrojums sekmējis egļu rezistenci pret *H. parviporum*.

Pētījuma rezultātā secināts, ka mistrotās egļu-baltalkšņu audzēs, kur baltalkšņu piemistrojums pārsniedz 30%, trupējušo egļu īpatsvars ir būtiski zemāks nekā tīraudzēs vai audzēs ar nelielu lapu koku piemistrojumu.

### Secinājumi

1. Egļu audzēs izplatītākā trupi izraisošā sēne ir *Heterobasidion parviporum*.
2. Ar *H. parviporum* inficēto egļu tīraudžu īpatsvars ir būtiski lielāks nekā ar *H. parviporum* inficēto mistraudžu īpatsvars ( $p < 0,01$ ).
3. Trupējušo celmu īpatsvars egļu tīraudzēs un mistraudzēs (lapu koku piemistrojums 10-50%) būtiski neatšķiras ( $p > 0,01$ ).
4. Egļu audzēs ar baltalkšņu piemistrojumu (lielāks par 30%) sakņu trapes skarto egļu īpatsvars ir būtiski mazāks.

### Literatūra

- Ali El Atta, H., Hayes, A. J. (1987). Decay in Norway spruce caused by *Stereum sanguinolentum* Alb& Schw. ex Fr. developing from extracting wounds. Forestry 60: 101-111.
- Arhipova, N., Gaitnieks, T., Nikolaeva, V., Vulfa, L., Mihailova, A. (2008). Baltalkšņa ietekme uz egļu sakņu rizosfēras mikrofloru un tās antagonismu pret *Heterobasidion annosum*. Mežzinātne 17: 9-21.
- Bloomberg, W. J. (1990). Effect of stand conditions on advance of *Phellinus weirii* in Douglas-fir plantations. Phytopathology 80: 553-559.
- Falck, R. (1930). Neue Mitteilungen über die Rotfäule. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 1: 525-566.
- Field, A. (2005). Discovering statistics using SPSS. (2nd edition). SAGE Publications Ltd. 816 pp.
- Gaitnieks, T., Liepa, I., Rokjānis, B. (2000a). The influence of grey alder on the mycorrhiza in Norway spruce stands infected by root rot disease. LLU Raksti 3: 60-64.

- Gaitnieks, T., Liepa, I., Rokjānis, B., Indriksons, A.** (2000b). Development of Norway spruce mycorrhiza in mixed Norway spruce and grey alder stands infected by *Heterobasidion annosum*. Metsanduslikud uurimused XXXIV, 44-51. ISSN 1406-9954.
- Greig, B. J. W.** (1962). *Fomes annosus* (Fr.) Cooke and other root-rotting fungi in conifers on ex-hardwood sites. Forestry, 35: 164-182.
- Greig, B. J. W., Pratt, J. E.** (1976). Some observation on the longevity of *Fomes annosus* in conifer stumps. European Journal of Forest Pathology 6: 250-253.
- Huse, K. J., Solheim, H., Venn, K.** (1994). Stump inventory of root and butt rots in Norway spruce cut in 1992. Rapport fra Skogforsk. 23: 1-26.
- Johansson, M., Marklund, E.** (1980). Antagonists of *Fomes annosus* in the rhizosphere of grey alder (*Alnus incana*) and Norway spruce (*Picea abies*). European Journal of Forest Pathology 10: 385-395.
- Kaarna-Vuorinen, L.** (2000). Rot frequency and the ensuing economical losses, and the causes of butt-rot in final fellings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in south-eastern Finland. Doctoral Thesis, University of Helsinki, Department of Forest Economics Publications 8, 82 pp.
- Kallio, T.** (1970). Aerial distribution of the root-rot fungus *Fomes annosus* (Fr.) Cooke in Finland. Acta Forestalia Fennica 107: 55 pp.
- Kärkkäinen, M.** (1982). Koivumyytti ja tiede. Metsänhoitaja 32: 23-24.
- Korhonen, K., Bobko, I., Hanso, S., Piri, T., Vasiliauskas, A.** (1992). Intersterility groups of *Heterobasidion annosum* in some spruce and pine stands in Byelorussia, Lithuania and Estonia. European Journal of Forest Pathology 22: 384-391.
- Korhonen, K., Holdenrieder, O.** (2005). Neue Erkenntnisse über den Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s.l.). Eine Literaturübersicht. Forst und Holz 5: 206-211.
- Korhonen, K., Piri, T.** (1994). The main hosts and distribution of S and P groups of *Heterobasidion annosum* in Finland. In: Proceedings of 8th International Conference of Root and Butt rots, Wik, Sweden and Haikko, Finland, August 9-16, 1993, pp. 260-267.
- Korhonen, K., Piri, T.** (2002). How to cultivate Norway spruce on sites infested by *Heterobasidion*. In: Proceedings of the Nordic/Baltic Forest Pathology Meeting, Denmark, September 2002, pp. 21-29.
- Lakomy, P.** (2000). Disease monitoring of Scots pine plantations in Wielkopolskogo-Pomorski region. Doctoral thesis (1997). Abstract in Phytopathology Pol. 19: 165-167.
- Liepa, I.** (1974) Biometrija. "Zvaigzne", Rīga, 68.-69. lpp.
- Liepa, I., Gaitnieks, T.** (2002). Afforestation of abandoned agricultural land and *Alnus incana* L. (Moench.). Proceedings of the International conference "Scientific aspects of organic farming", Jelgava, Latvija, 21-22 March, pp. 58-62.

- Linden, M., Vollbrecht, G.** (2002). Sensitivity of *Picea abies* to butt rot in pure stands and in mixed stands with *Pinus sylvestris* in southern Sweden. *Silva Fennica* 36: 767-778.
- Lunborg, A., Unestam, T.** (1980). Antagonism against *Fomes annosus*: Comparison between different test methods *in vitro* and *in vivo*. *Mycopathologia* 70: 107-115.
- Lygis, V., Vasiliauskas, R., Stenlid, J., Vasiliauskas, A.** (2004a). Silvicultural and pathological evaluation of Scots pine afforestations mixed with deciduous trees to reduce the infection by *Heterobasidion annosum* s.s. *Forest Ecology and Management*, 201: 275-285.
- Lygis, V., Vasiliauskas, R., Stenlid, J., Vasiliauskas, A.** (2004b). Planting *Betula pendula* on pine sites infested by *Heterobasidion annosum*: disease transfer, silvicultural evaluation, and community of wood-inhabiting fungi. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 120-130.
- Olsson, U., Engstrand, U.** (2006). *Statistics for Biologists I*. SLU Unit of Applied Statistics and Mathematics, pp. 113-120.
- Pautasso, M., Holdenrieder, O., Stenlid, J.** (2005). Susceptibility to fungal pathogens of forests differing in tree diversity. *Ecological Studies* 176: 263-289.
- Peace, T. R.** (1938). Butt rot of conifers in Great Britain. *Quarterly Journal of Forestry* 32: 81-104.
- Piri, T.** (1996). The spreading of S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *European Journal of Forest Pathology* 26: 193-204.
- Piri, T.** (2003a). Early development of root rot in young Norway spruce planted on sites infected by *Heterobasidion* in southern Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 604-611.
- Piri, T.** (2003b). Silvicultural control of *Heterobasidion* root rot in Norway spruce forests in southern Finland. Academic dissertation in Forest Pathology, University of Helsinki, 64 pp.
- Piri, T., Korhonen, K., Sairanen, A.** (1990). Occurrence of *Heterobasidion annosum* in pure and mixed stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5: 113-125.
- Pratt, J. E., Greig, B. J. W.** (1988). *Heterobasidion annosum*: development of butt rot following thinning in two young first rotation stands of Norway spruce. *Forestry* 61: 339-347.
- Prospero, S., Holdenrieder, O., Rigling, D.** (2004). Comparison of the virulence of *Armillaria cepistipes* and *Armillaria ostoyae* on four Norway spruce provenances. *Forest Pathology* 34: 1-14.
- Prospero, S., Rigling, D., Holdenrieder, O.** (2003). Population structure of *Armillaria* species in managed Norway spruce stands in the Alps. *New*



- Phytologist 158: 365-373.
- Redfern, B., Pratt, E., Gregory, C., MacAskill, A.** (2001). Natural infection of Sitka spruce stumps in Britain by spores of *Heterobasidion annosum* and long-term survival of the fungus. *Forestry* 74: 53-71.
- Reynolds, K. M., Bloomberg, W. J.** (1982). Estimating probability of intertree root contact in second-growth Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research* 12: 493-498.
- Rishbeth, J.** (1951). Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. II Spore production, stump infection, and saprophytic activity in stumps. *Annals of Botany* 15: 1-12.
- Rochmeder, E.** (1937). Die Stammfäule der Fichtenbestockung. Mitteilungen aus der Landesforstverwaltung, München, 170 S.
- Roll-Hansen, F.** (1985). The *Armillaria* species in Europe. The literature review. *European Journal of Forest Pathology* 15: 22-31.
- Siepmann, R.** (1984). Stammfäuleanteile in Fichtenbeständen und in Mischbeständen. *European Journal of Forest Pathology* 14: 234-240.
- Stenlid, J.** (1987). Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 197-198.
- Termorshuizen, A. J., Arnolds, E. J. M.** (1994). Geographical distribution of the *Armillaria* species in the Netherlands in relation to the soil type and hosts. *European Journal of Forest Pathology* 24: 129-136.
- Thor, M., Stahl, G., Stenlid, J.** (2005). Modeling root rot incidence in Sweden using tree, site and stand variables. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 165-176.
- Troedsson, T., Nilsson Å.** (1980). The geographical distribution of root rot and its connection with some site properties. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskr.* 78: 82-93.
- Vasiliauskas, A.** (1980). The investigation results on root fungus (*Fomes annosus*) in the Lithuanian SSR. In: Dimitri L. (ed.) Proceedings of the Fifth International Conference on Problems of Root and Butt Rot in Conifers. Hessische Forstliche Versuchsanstalt, Hann. Münden, FRG. pp. 157-162.
- Vasiliauskas R., Stenlid J.** (1998). Spread of *Stereum sanguinolentum* vegetative compatibility groups within a stand and within stems of *Picea abies*. *Silva Fennica* 32: 301-309.
- Vasiliauskas, R., Juska, E., Vasiliauskas, A., Stenlid, J.** (2002). Community of *Aphylllophorales* and root rot in stumps of *Picea abies* on clear-felled forest sites in Lithuania. *Scandinavian Journal of Forests Research* 17: 398-407.
- Werner, H.** (1973). Möglichkeiten der Verminderung von Rotfäuleschäden. *Allg. Forstz.* 19: 459-461.

**Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A.** (eds.) (1998).  
*Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control. CAB International, Wallingford, UK, pp. 110-141; 235-258; 290-293.