
Parastās priedes skujbires rezistence un tās paaugstināšanas iespējas

Ā. Jansons, U. Neimane, I. Baumanis, LVMI „Silava”

Kopsavilkums: Skujbire (*Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar) ir kokaudzētavās un jaunos stādījumos nozīmīga infekcijas slimība, kuras izplatību un ietekmi nākotnē var pastiprināt sagaidāmās klimata izmaiņas un tendences meža atjaunošanā. Skujbires bojājumi un to ietekme novērtēti priedes pluskoku brīvapputes pēcnācējiem kokaudzētavā (245 ģimenes no 13 populācijām) un eksperimentālajā stādījumā (60 ģimenes no 5 populācijām). Konstatēts, ka skujbires bojājumu pakāpe būtiski ietekmē kārtējā gada koku augstuma pieaugumu gan 4 gadus veciem kokiem stādījumā ($\alpha=0,001$), gan 3-gadīgiem stādiem kokaudzētavā ($\alpha=0,001$). Kokaudzētavā sakarība ir spēkā pat pie nosacījuma, ka iepriekšējā gadā būtiskas koku augstuma atšķirības grupās ar dažādu infekcijas pakāpi nav konstatētas. Tāpat skujbires bojājumu pakāpe statistiski būtiski ($\alpha=0,01$) negatīvi ietekmē koku saglabāšanos. Populācija būtiski ietekmē skujbires bojājumu pakāpi ($\alpha=0,05$) un stādu saglabāšanos ($\alpha=0,01$) kokaudzētavā, kā arī koku augstuma pieaugumu skujbires epidēmijas gadā gan stādiem kokaudzētavā, gan kokiem stādījumā ($\alpha=0,01$). Pret skujbiri noturīgākajās populācijās slimības ietekme uz augstuma pieaugumu un saglabāšanos ir neizteikta un statistiski nebūtiska. Tas liecina, ka pastāv reālas populāciju atšķirības rezistencē pret skujbiri, kas saistītas ne tikai ar slimības uzņēmību, bet arī ar atveseļošanos pēc skujbires radītajiem bojājumiem. No izvērtētā materiāla skujbires apdraudētajās vietās meža atjaunošanai rekomendējams izmantot sēklu plantāciju ar Smiltenes un Ūķenes populāciju kloniem pēcnācējus.

Nozīmīgākie vārdi: populācija, saglabāšanās, augstuma pieaugums

...

Ā. Jansons, U. Neimane, I. Baumanis, LSFRI „Silava”. **Needlecast resistance of Scots pine and possibilities of its improvement.**

Abstract: Needlecast (*Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar) is infecting young needles of pines in autumn and causes them to die out and fall off in beginning of next summer. Needlecast epidemics are frequently occurring in nurseries, if efficient fungicides are not used, but may affect young plantations as well. Disease may become a more frequent and severe problem in young forest plantation in future due to climatic changes and forest regeneration practice: higher initial spacing (good survival must be assured) and smaller seedlings planted (can be more severely affected by needlecast). Fungicide use is prohibited in forest plantations, so the only way of improvement is via resistance selection. Since breeding involves considerable time and costs, aim of the study is to evaluate actual damages done by needlecast and differences in resistance among populations that could serve as basis for more efficient selection.

Study material was collected in open-pollinated progeny trial of Scots pine plus trees in central part of Latvia (Ltd. “Rīgas meži”, Daugavas district), planted in year 2006 with one year old plants, in 1,5x2 meter spacing, using 10 tree block plots and establishing 8 replications. For

analysis also data from 3 year old open-pollinated progenies of Scots pine plus trees in forest nursery in eastern part of Latvia (Forest Research Station "Kalsnava") were used. Only family mean values were utilized, since families were randomly placed in nursery trial, but not replicated. In both experiments height of trees at the beginning of growing season and height increment, affected by needlecast damages, were measured and severity of diseases visually assessed.

Degree of needlecast damages has a significant effect on annual height increment both for 4 year old trees in plantation ($\alpha=0,001$) and 3 year old plants in nursery ($\alpha=0,001$), even if there was no height differences among groups of families with different damage grade at the beginning of growing season in nursery. Survival is significantly ($\alpha=0,01$) influenced by degree of needlecast damage: in plantation from the group of trees with 36-65% of needles affected by disease 3% of died until the end of growing season, but from the group with 96-100% of needles affected 12% of trees does not survive. Notable differences in proportion of trees in different needlecast damage grades have been observed among populations in plantation. Influence of population to degree of needlecast damages is significant ($\alpha=0,05$) for 3 year old plants in nursery. Significant ($\alpha=0,01$) population effect is detected for height increment during the year of needlecast epidemics both in nursery and plantation. Analysis of nursery trial reveals also significant population differences in survival. Degree of needlecast damage has no significant effect on survival and height increment of trees from resistant populations, suggesting that population differences are not only related to susceptibility of this disease, but also to recovery rate after the damages.

Considering large genetic diversity of disease as well as notable influence of environmental factors and genotype-environment interaction on epidemics in plantations, inclusion of resistance against needlecast as a trait in selection index in breeding program must be further evaluated. Based on results from this study for establishment of plantations in areas potentially affected by needlecast, reproductive material from seed orchards with clones of Smiltene and Ūķene populations is recommended.

Key words: population, survival, height increment.

•••

Янсонс А., Неймане У., Бауманис И., ЛГИАН «Силава». **Резистентность к шютте сосны обыкновенной и возможности ее повышения.**

Резюме: В лесопитомниках и лесных культурах значимой инфекционной болезнью является шютте (*Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar), распространение которой может усиливаться в связи с ожидаемыми глобальными изменениями климата в будущем, а также наблюдаемыми тенденциями в лесовосстановлении. Повреждения шютте и их влияние оценены у потомков плюсовых деревьев свободного опыления в питомниках (245 семейств от 13-ти популяций) и экспериментальной посадке (60 семейств от 5-ти популяций). Установлено, что степень повреждений шютте оказывает существенное влияние на прирост по высоте как у 4-летних деревьев в посадке ($\alpha=0,001$), так и у 3-летних саженцев в лесопитомнике ($\alpha=0,001$). В питомнике такая взаимосвязь в силе даже при

условии, если в предыдущем году значимых различий по высоте в группах с разной степенью инфекции не констатируется. Уровень заражения шютте также статистически существенно ($\alpha=0,01$) влияет на сохранность деревьев. В свою очередь на степень повреждений шютте ($\alpha=0,05$) и сохранность саженцев ($\alpha=0,01$) в питомнике, а также на прирост деревьев по высоте в году распространения эпидемии шютте у саженцев в питомнике и деревьев в посадке значимо влияет данная популяция. В популяциях, наиболее устойчивых против шютте, влияние инфекции на прирост по высоте и сохранность деревьев слабовыраженное и статистически незначительное. Это свидетельствует о том, что между популяциями имеются различия в резистентности не только по восприимчивости к болезни, но и в ходе выздоровления от нанесенных шютте повреждений. В территориях, подвластных риску инфекции шютте, при лесовосстановлении рекомендуется использовать выращенный на семенных плантациях посадочный материал клонов популяций *Смилтене* и *Укене*.

Ключевые слова: популяция, сохранность, прирост по высоте.

Ievads

Dabiskās selekcijas procesā izdzīvo noteiktiem vides apstākļiem pielāgotākie īpatņi (genotipi). Pielāgotību nosaka atšķirīgas īpašības - spēja saglabāties (t.sk. tolerances norma, fenotipiskais plastiskums) un konkurēt ar savas un citu sugu īpatņiem par barības resursiem, kā arī vairoties (Reich et al., 2003, Booy et al., 2000). Saglabāšanos nozīmīgi var ietekmēt koku rezistence pret slimībām, piemēram, skujbiri.

Pētījuma ietvaros analizēta priežu brūnā skujbire, *Lophodermium seditionum* Minter, Staley & Millar, kas agrāk literatūrā nav izdalīta kā atsevišķa suga, bet vērtēta kopā ar saprofitisko *Lophodermium pinastri* (Schard. ex Hook) Chev (Ostry, Nicholls, 1989; Vuorinen, 2008). Priežu brūnā skujbire ir vienīgā parastajai priedei patogēnā *Lophodermium* ģints suga (Ortiz-García et al., 2003), kurai raksturīgs viena gada attīstības cikls. Auglķermeņi veidojas uz nobirušajām skujām, sporas izplatās vasaras beigās, rudenī un inficē jaunās (kārtējā gada) skujuas. Maijā-jūnijā daļa bojāto skuju nobirst (Martinsson,

1979; Anonīms, 2006). Skujbires izplatību nozīmīgi ietekmē laika apstākļi – veicinošs faktors ir lietainas vasaras beigas un rudens, kā arī silta ziema (Ostry, Nicholls, 1989; Stenström, Arvidsson, 2001). Tajā pašā laikā Hanso un Drenkhan (2007) norāda, ka Igaunijas apstākļos auksta ziema nav šķērslis epidēmijas izplatībai, kurai labvēlīgs ir arī vasaras beigu un rudens nokrišņu daudzums ilgtermiņa vidējās vērtības robežās. Bieži skujbires epidēmijas novērotas kokaudzētavās, kur priežu stādi aug cieši viens pie otra lielās platībās; atsevišķos gadījumos zem stādiem atrodama ievērojama nobirušo skuju masa (Ostry, Nicholls, 1989; Stenström, Arvidsson, 2001; Hanso, Drenkhan, 2007), tādēļ veikts nozīmīgs pētnieciskais darbs un izstrādāti fungicīdi slimības efektīvai apkarošanai (Millar, 1975; Ormrod, 1976; Kessel, 2003). Jaunaudzēs (2-10 gadu vecumā) skujbires epidēmijas ir ievērojami retākas nekā kokaudzētavās (Hanso, Drenkhan, 2007), un skuju atmiršana parasti novērota tikai novājinātiem kokiem (Anonīms, 2006). Taču skujbire var izraisīt

nopietnas problēmas nākotnē, jo:

1. iespējamās klimatisko apstākļu izmaiņas var sekmēt slimības izplatību. Ar šī jautājuma izpēti aktīvi nodarbojas zinātnieki gan Somijā (Müller, 2007; Vuorinen, 2008), gan Zviedrijā, pievērsoties arī slimībām, kuru attīstību sekmē līdzīgs meteoroloģisko apstākļu komplekss (Bernhold et al., 2008; Hansson, Ottosson-Löfvenius, 2008);
2. kokaudzētavu un mehanizētās stādīšanas efektivitātes paaugstināšanai, kā arī transporta izdevumu samazināšanai tiek izstrādātas tehnoloģijas mazāka izmēra stādu audzēšanai, kā arī jaunāka vecuma stādu izmantošanai meža atjaunošanā (Lindström et al., 2005). Šādiem stādiem ir neliela barības vielu rezerve un skuju masa, tādēļ, inficējoties ar skujbiri, iespējams kopējā fotosintezējošā aparāta lielākās daļas zudums un līdz ar to augstāka ir varbūtība, ka stāds var iznīkt;
3. meža atjaunošanas izmaksu samazināšanai atsevišķos gadījumos stādīšanu ieteikts aizstāt ar sēšanu (Wennström et al., 1999; Hyytiäinen et al., 2006). Lietojot šādu paņēmieni, sējeņu skaits uz platības vienības ir liels un starp tiem noteikti būs arī pret skujbiri izturīgi (Baumanis et al., 1982); tomēr neatrisināts paliek jautājums par koku vienmērīgu izvietojumu platībā mežaudzes maksimālās produktivitātes nodrošināšanai;
4. meža atjaunošanā tiek izmantots neliels stādu skaits, un izmaksu samazināšanas nolūkā tas nākotnē var tikt samazināts vēl vairāk. Piemēram, Somijā, kur rekomendēts stādīt 2000 priedes*ha⁻¹, praksē konstatēts, ka 3 gadus vecos

stādījumos visu skuju koku (t.sk. dabiski atjaunojušos) kopējais skaits ir 1500-2500 gab.*ha⁻¹ (Saksa, Miina, 2007). Tātad audzes produktivitātes nodrošināšanai nākotnē sevišķi nozīmīga būs katra iestādītā koka saglabāšana, kas saistīta arī ar stādāmā materiāla rezistenci pret skujbiri.

Jāņem vērā, ka slimību apkarošanai jaunaudzēs nav atļauta fungicīdu pielietošana, tādēļ reāli vienīgā iespēja uzlabot nākamās mežaudzes rezistenci – selekcijas procesā atlasīt pret skujbiri noturīgu stādmateriālu (Baumanis et al., 1982; Liesebach, Stephan, 1996). Nozīmīgas atšķirības skujbires infekcijas intensitātes pakāpē konstatētas gan starp ģeogrāfiski attālām proveniencēm (Squillace et al., 1975; Бауманис, 1983; Ostry, Nicholls, 1989; Vuorinen, 2008), gan proveniencēm vienas valsts ietvaros (Squillace et al., 1975; Stephan, Scholz, 1981; Baumanis, 1993). Tāpat konstatētas atšķirības rezistencē pret skujbiri starp atsevišķu parastās priedes pluskoku pēcnācēju ģimenēm Latvijā (Baumanis, 1993), atlasot materiālu 2. kārtas plantācijām, kā arī citās valstīs (Squillace et al., 1975; Martinsson, 1979). Katras selekcijas darbā izmantotās ģimenes skujbires izturības pārbaudes ir dārgas un laikietilpīgas, tādēļ svarīgi novērtēt:

1. skujbires ietekmi uz koku saglabāšanos un augstuma pieaugumu;
2. populāciju atšķirības pēc skujbires bojājumu pakāpes un atlasēs populāciju līmeni iespējamo ietekmi slimības negatīvās ietekmes mazināšanai.

Materiāls un metodika

Skujbires infekcijas novērtējums veikts 2 objektos – sēklu plantācijas klonu pēcnācēju pārbaužu stādījumā (turpmāk tekstā – stādījums) un pluskoku brīvapputes pēcnācēju ģimenēm kokaudzētavā (turpmāk tekstā – kokaudzētava). Ar jēdzienu „ģimene” šeit un turpmāk apzīmēta viena un tā paša mātes koka pēcnācēju grupa. Balstoties uz citu autoru pētījumu rezultātiem par putekšņu plūsmas intensitāti atkarībā no attāluma, kā arī vairāku paaudžu koku radniecību šādas teritorijas ietvaros (Robledo-Arnuncio et al., 2004; Tigerstedt et al., 1982; Koski, 1970), koki no vienas vai vairākām blakus augošām mežaudzēm apzīmēti kā „populācija”, nevis tikai raksturota to izcelsmes vieta kā „provenience”.

Norupes priežu sēklu plantācijas klonu brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījums (eksperimenta Nr. 441 Ilglaicīgo pētniecisko objektu reģistrā) ierīkots SIA „Rīgas meži” Daugavas mežniecības 262. kvartālā 2006. gada pavasarī ar viengadīgiem sējeņiem, 8 atkārtojumos. Izmantotas 10 (5x2) koku parces, stādīšanas attālums starp kokiem rindā 1,5 m, starp rindām – 2 m. Eksperimentā iesaistīti vairāku populāciju koku pēcnācēji (ģimeņu skaits norādīts iekavās): Misas (46), Smiltenes (6), Baldones (4), Zvirgzdes (2) un Kalsnavas (2). Sēklu materiāls ievākts gan plantācijā, gan no pluskokiem mežaudzē. Pirmajā eksperimenta gadā koku inficēšanās ar priežu brūno skujbiri netika konstatēta, saglabāšanās atsevišķām ģimenēm bija robežās no 78% līdz 100%. Nākamā saglabājušos koku uzskaitē veikta 2008. gada jūnijā, reizē ar skujbires bojājumu izvērtēšanu. Saglabājušos

koku īpatsvars pa ģimenēm ir no 69% līdz 99%, vidēji izmēģinājumā – 90%. Skujbires bojājumi novērtēti ballēs, nosakot 2007. gada pieauguma bojāto skuju īpatsvaru:

- 1 balle – 0-5%;
- 2 balles – 6-35%;
- 3 balles – 36-65%;
- 4 balles – 66-95%;
- 5 balles – 96-100% bojātu skuju.

Katram kokam uzņēmēts augstums 2008. gada sākumā un tā paša gada augstuma pieaugums. Analīzei izmantoti 4 atkārtojumu dati, aprēķinos nav iekļauti dati kokiem, kas 2008. gada sākumā bija īsāki par 10 cm.

Meža pētīšanas stacijas Kalsnavas meža novada kokaudzētavā vērtēts 2006. gada pavasarī iesēts un 2007. gadā pārskolots stādmateriāls. Eksperimentā iesaistītas pluskoku un plantāciju klonu brīvapputes pēcnācēju ģimenes no dažādām populācijām (ģimeņu skaits norādīts iekavās): Ūķene (49), Smiltene (26), Tukums (22), Misa (70), Jaunjelgava (15), Rīga-Jūrmala (14), Mazsalaca (11), Dundaga (9), Bauska (8), Jēkabpils (7), Kuldīga (5), Cēsis (5), Alsunga (4). Smiltenes, Tukuma un Misas ģimeņu sēklas ievāktas no attiecīgajiem kloniem vairākās plantācijās (vai plantācijā un no pluskokiem attiecīgajā mežaudzē). Ģenētisko faktoru ietekme analizēta tikai populācijas līmenī, jo kokaudzētavā dažādas populācijas pārstāvošas ģimenes visā platībā izvietotas randomizēti, taču katra ģimene tikai vienā atkārtojumā. Ģimene raksturota pēc vidējās vērtības, ņemot vērā skujbires izraisīto bojājumu pakāpi, kuras noteikšanai izmantota iepriekš aprakstītā skala un vērtējums izdarīts tā, lai tam atbilstu vairākums attiecīgās ģimenes koku. Augstuma pieaugums 2008. gadā noteikts, uzmērot

katrā kokaudzētavas dobes garuma metrā 1 koku, kas vizuāli atbilst vidējam pēc stādu pieauguma garuma šajā platībā, bet ne mazāk kā 10 kokiem no katras ģimenes. Ģimenes vidējā vērtība aprēķināta kā mediāna no atsevišķo koku mērījumu datiem. Pēc tādas pašas metodikas uzmērīts arī koku augstums 2008. gada sākumā, izvēloties tās ģimenes, kuru skujbires vērtējums ir 3 un 5 balles. Skujbires bojājumu ietekmes kopējai analīzei izvēlētas ar 3 un 5 ballēm novērtētas ģimenes tā, lai katra populācija abās grupās būtu pārstāvēta ar vienādu ģimeņu skaitu. Salīdzinot atlasīto kopu ar attiecīgā vērtējuma visu ģimeņu kopu pēc augstuma pieauguma un saglabāšanās, konstatēts, ka tām būtiski neatšķiras ne dispersijas (F-tests), ne vidējās vērtības (t-tests), tāpēc varam secināt, ka izvēlēta paraugkopa ir

reprezentatīva.

Abos eksperimentālajos objektos skujbires infekcijas pakāpe ir augsta, līdz ar to tikai daži koki novērtējami ar 1 balli (0-5% inficētu skuju). Tādēļ turpmākai analīzei materiāls ar vērtējumu 1 balles pievienots materiālam ar vērtējumu 2 balles.

Rezultāti un diskusija

Brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījums ir nozīmīgi cietis no skujbires infekcijas: vidējais skujbires vērtējums izmēģinājumā ir 3,5 balles; dažādām ģimenēm tas ir līdzīgs un variē robežās no 3,1 balles Misas 255. ģimenei līdz 4,1 ballei Misas 247. ģimenei. Atšķirības dažādu populāciju pēcnācēju noturībā pret skujbiri raksturo koku īpatsvars ar dažādu skujbires infekcijas pakāpi (1. tabula).

1. tabula, Table 1

Koku skaita sadalījums skujbires bojājumu klasēs brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumā
*Distribution of number of trees in different classes of needlecast damage
 in open-pollinated progeny trial*

Populācija Population	Koku skaits Number of trees	Koku skaits (gab.) un īpatsvars (%) no kopējā skaita ar vērtējumu: Number of trees (gab.) and proportion from total number in percent (%) with estimated needle cast damage:							
		2 balles grade 2		3 balles grade 3		4 balles grade 4		5 balles grade 5	
		gab.	%	gab.	%	gab.	%	gab.	%
Misa	1374	120	19	560	26	526	44	168	11
Smiltene	202	24	12	113	56	61	30	4	2
Baldone	134	5	4	66	49	53	40	10	7
Zvirgzde	65	9	14	37	57	16	25	3	5
Kalsnava	60	3	5	28	47	24	40	5	8
Kontrole	119	3	3	48	40	50	42	18	15
Kopā	1954	164	8	852	44	730	37	208	11

Vērtējumam ballēs atbilstošais bojāto iepriekšējā gada skuju īpatsvars procentos / Correspondence between needlecast grade and proportion (in percents) of damaged needles: 1 balles / grade 1 – 0-5%; 2 balles / grade 2 – 6-35%; 3 balles / grade 3 – 36-65%; 4 balles / grade 4 – 66-95%; 5 balles / grade 5 – 96-100%.

2. tabula, Table 2

Pluskoku brīvapputes pēcnācēju ģimenes ar dažādu skujbires bojājumu pakāpi kokaudzētavā
Open-pollinated plus tree progeny families with different degree of needlecast damage
in forest nursery

Populācija Population	Ģimeņu skaits Number of families	Ģimeņu skaits (gab.) un īpatsvars (%) no kopējā skaita ar vērtējumu: Number of families (gab.) and proportion from total number in percent (%) with estimated needle cast damage:							
		2 balles grade 2		3 balles grade 3		4 balles grade 4		5 balles grade 5	
		gab.	%	gab.	%	gab.	%	gab.	%
Ūkene	49	1	2	10	20	30	61	8	16
Smiltene	26	2	8	8	31	15	58	1	4
Tukums	22	0	0	6	27	11	50	5	23
Misa	70	1	1	15	21	36	51	18	26
Jaunjelgava	15	0	0	1	7	9	60	5	33
Rīga-Jūrmala	14	0	0	4	29	6	43	4	29
Mazsalaca	11	0	0	2	18	9	82	0	0

Skujbires vērtējums kā 1. tabulā.

Needle cast damage grades as described in Table 1.

Skujbires visvairāk inficēto (ar vērtējumu 4 un 5 balles) koku skaits dažādām populācijām ir atšķirīgs, tomēr dispersijas analīzes rezultāti liecina, ka šīs atšķirības nav statistiski būtiskas (pie $\alpha=0,05$). Visizturīgākie ir Zvirgzdes un Smiltenes populāciju koku pēcnācēji, bet visvairāk no skujbires bojājumiem cietuši kontroles variantu (2 mežaudžu vidējo paraugu) pēcnācēji. Īpaši noturīgas pret skujbires bojājumiem ir Misas 255., 232., 106., 259. un Zvirgzdes 306. ģimenes.

Eksperimentā kokaudzētavā vidējais skujbires infekcijas vērtējums (4 balles) ir augstāks nekā stādījumā. Dažādās pakāpēs inficētu ģimeņu sadalījums pa populācijām ir līdzīgs (2. tabula). Veicot dispersijas analīzi, konstatēts, ka populācijas ietekme uz ģimenes vidējo skujbires infekcijas pakāpi ir būtiska ($\alpha=0,05$). Ģimeņu īpatsvars ar nozīmīgiem

skujbires bojājumiem (vērtējums 5 balles) zemāks ir Smiltenes, Ūķenes un Mazsalacas populācijām. Smiltenes populācijas noturība pret skujbiri apstiprinājusies abos eksperimentālajos objektos, kas atbilst iepriekšējo pētījumu rezultātiem, kad augstāka skujbires noturība tika konstatēta priedēm no Smiltenes un Strenču reģiona (Baumanis, 1993) un liecina par nozīmīgām reģionālām atšķirībām priežu noturībā pret skujbiri.

Mūsu izmēģinājumu rezultāti saskan arī ar citu valstu pētnieku atziņām, ka skujbires infekcija izteiktāka ir kokaudzētavās nevis stādījumos (Ostry, Nicholls, 1989; Stenström, Arvidsson, 2001).

Svarīgi noskaidrot, kā skujbires infekcijas pakāpe ietekmē koku attīstību – augstuma pieaugumu un saglabāšanos.

Eksperimentā kokaudzētavā nav konstatētas būtiskas vidējo augstumu

atšķirības ģimenēm ar skujbires vērtējumu 3 un 5 balles 2008. gada sākumā (pirms skujbires ietekmes), toties konstatētas būtiskas ($\alpha=0,001$) atšķirības 2008. gada ģimeņu vidējiem augstuma pieaugumiem starp šīm dažādās skujbires izraisīto bojājumu pakāpes grupām. Līdzīgi arī pēcnācēju pārbaužu stādījumā konstatēts, ka vidējie augstumi ģimenēm ar dažādām skujbires infekcijas pakāpēm 2008. gada sākumā būtiski neatšķiras, taču skujbires ietekme uz ģimeņu vidējo tā paša gada augstuma pieaugumu ir būtiska ($\alpha=0,05$). Tas liecina, ka skujbires infekcijas pakāpe būtiski ietekmē kārtējā gada augstuma pieaugumu.

Skujbires infekcijas pakāpe nosaka skuju zuduma pakāpi, kas savukārt ietekmē

koka augšanas potenciālu (Staley, Nicholls, 1989; Kanaskie, 1990; Vuorinen, 2008). Nozīmīgi, ka skujbire galvenokārt bojā kārtējā gada (rudeni inficētās) skujas, kam ir lielāka loma koka virszemes daļas augšanas nodrošināšanā nekā vecākajām skujām (Drenkhan et al., 2006). Martinsson (1979) konstatējis būtisku negatīvu korelāciju ($r=-0,80$, $\alpha=0,01$) starp kārtējā gada relatīvā pieauguma garumu (pieauguma attiecība pret kopējo stāda augstumu) un skuju zudumu, ko nosaka skujbires infekcijas pakāpe. Līdzīgu korelāciju konstatējuši arī citi pētnieki (Baumanis, 1975; Squillace et al., 1975). Tāpat Ostry un Nicholls (1989) secinājuši, ka skujbires infekcijas ietekme uz trīsgadīgu priežu stādu augstumu un sakņu kakla diametru ir statistiski būtiska ($\alpha=0,05$).

3. tabula, Table 3

Vidējais koku augstums pirms infekcijas un koku augstuma pieaugums skujbires izraisīto bojājumu gadā stādījumā

Average tree height before infection and height increment in the year of needlecast damages in trial

Skujbires bojājuma pakāpe <i>Needlecast damage grade</i>	Vidējais augstums 2008. gada sākumā, cm <i>Average tree height at the beginning of year 2008, cm</i>	Pieauguma un augstuma starpības koki ar atšķirīgu skujbires bojājumu pakāpi, cm <i>Differences in height and height increment for trees with different grade of needlecast damages, cm</i>				Vidējais 2008. gada pieaugums, cm <i>Average height increment in the year 2008, cm</i>
		2	3	4	5	
2	21,5		0,6	1,4*	3,3**	24,7
3	20,9	-1,9		0,8**	2,7**	22,8
4	20,1	-6,9**	-5,0**		1,9**	17,8
5	18,2	-13,2**	-11,3**	6,3**		11,5

Virs diagonāles (biezrakstā) – koku augstuma starpības 2008. gada sākumā (stāvoklis pirms skujbires bojājumiem); zem diagonāles – augstuma pieaugumu starpības starp skujbires bojājumu klasēm.

Būtiskums: * – $\alpha=0,05$; ** – $\alpha=0,001$. Skujbires vērtējums kā 1. tabulā.

Above diagonal (bold) – differences in height at the beginning of year 2008 (before needlecast damages);

below diagonal – differences in height increment among trees in separate needlecast damage grades.

Significance: * – $\alpha=0,05$; ** – $\alpha=0,001$. Needle cast damage grades as described in Table 1.

Analizējot pēcnācēju pārbaužu stādījumā individuālu koku datus, konstatēts, ka koku augstumu atšķirības 2008. gada sākumā starp grupām ar skujbires vērtējumu 2 un 3 balles nav būtiskas, bet starp pārējām grupām ir būtiskas (3. tabula). Tajā pašā laikā redzam, ka koku augstumu starpības (starp grupām ar dažādu skujbires bojājuma pakāpi) pirms infekcijas vidēji ir 4,3 reizes zemākas nekā kārtējā gada (infekcijas ietekmētās) augstuma pieaugumu starpības. Tas liecina, ka augstāka skujbires bojājumu intensitāte ir kokiem, kuru augstums ir mazs un kuri acīmredzot cieš arī no kādu citu nelabvēlīgu vides faktoru ietekmes, ko skujbire vēl pastiprina.

Veicot dispersijas analīzi pēcnācēju pārbaužu stādījumā, konstatēts, ka būtiska ietekme uz 2008. gada augstuma pieaugumu ir arī ģenētiskajam faktoram – ģimenei. Ģenētiskā faktora ietekme var būt gan tieša – konkrētās ģimenes kokiem ir kādas ģenētiski nosacītas priekšrocības (piemēram, efektīvāka barības vielu izmantošana), kas veicina augšanu –, gan pastarpināta – pret skujbiri rezistentākās ģimenes saglabā vairāk zaļo skuju, tātad producē vairāk organisko vielu un veido lielāku augstuma pieaugumu. Saikni starp rezistenci pret skujbiri un augstuma pieaugumu ģimeņu līmenī apraksta arī Baumanis u.c. (1982), kas konstatējuši, ka pret skujbiri noturīgu vecāku koku ģimenēm pirmajos gados pēc iestādīšanas ir par 23-71% garāki ikgadējie augstuma pieaugumi nekā nerezistentu vecāku koku pēcnācēju ģimenēm; starpības lielums atkarīgs no infekcijas fona eksperimenta vietā. Ģenētiskā faktora ietekme var izpausties ne tikai spējā pretoties sēnes iedarbībai, kad tā iekļuvusi

skujās, bet arī mazināt infekcijas risku. Tā Scholz un Stephan (1981, 1982) konstatējuši, ka klonu ar augstāku noturību pret skujbiri rudens periodā (kad notiek inficēšanās) jaunajām skujām raksturīgs augstāks skābums (zemāks pH), kas veido nelabvēlīgu vidi sēnes sporu attīstībai.

Populācija, līdzīgi kā ģimene, būtiski ($\alpha=0,01$) ietekmē koku augstuma pieaugumu: tas konstatēts, veicot dispersijas analīzi pēcnācēju pārbaužu stādījumā (4. tabula). Rezultāts ir likumsakarīgs, ņemot vērā jau iepriekš aprakstīto, ka populācija nozīmīgi ietekmē rezistenci pret skujbiri. Zvirgzdes populācijas pēcnācējiem ir vislielākais 2008. gada augstuma pieaugums, kas būtiski pārsniedz Misas un kontroles ($\alpha=0,01$), kā arī Baldones ($\alpha=0,05$) populāciju pēcnācēju augstuma pieaugumu.

Būtiska ($\alpha=0,001$) populācijas ietekme uz 2008. gada augstuma pieauguma lielumu konstatēta arī eksperimentiem kokaudzētavā. Tā izpaužas arī tādējādi, ka populācijām ar augstāku rezistenci (Smiltene, Ūķene) atšķirības augstuma pieaugumā ģimenēm ar dažādām skujbires bojājumu pakāpēm ir mazākas nekā tām, kuru rezistence ir zemāka (5. tabula). Dispersijas analīze rāda, ka skujbires ietekme uz koku augstuma pieaugumu noturīgajās populācijās nav būtiska. Rezultāti liecina, ka pastāv reālas populāciju atšķirības rezistencē pret skujbiri, kas saistītas ne tikai ar slimības neuzņēmību, bet, iespējams, arī ar ģenētiski noteiktu ātrāku atveseļošanos pēc skujbires izraisītā kaitējuma (piemēram, straujāku jauno skuju attīstību, efektīvāku veco skuju fotosintēzi u. tml.).

4. tabula, Table 4

Dažādu populāciju koku vidējā augstuma pieauguma atšķirības skujbires ietekmētā
brīvapputes pēcnācēju pārbaužu stādījumā

*Differences among average height increments of trees from different populations
in open-pollinated progeny trial affected by needlecast*

Populācija Population	Vidējais pieaugums, cm Average height increment, cm	Pieauguma starpības Differences in height increment				
		Smiltene	Baldone	Zvirgzde	Kalsnava	Kontrole
Misa	19,2	-2,3**	-1,6	-7,0**	-3,1	0,0
Smiltene	21,5		0,7	-4,7	-0,8	2,3
Baldone	20,8			-5,4*	-1,5	-1,6
Zvirgzde	26,2				3,9	7,0**
Kalsnava	22,3					3,1
Kontrole	19,2					

Būtiskums: * - $\alpha=0,05$; ** - $\alpha=0,001$ / Significance: * - $\alpha=0,05$; ** - $\alpha=0,001$.

5. tabula, Table 5

Dažādu populāciju koku augstuma pieaugums un saglabāšanās saistībā ar skujbires izraisīto
bojājumu pakāpi kokaudzētavā

*Average height increment and survival of trees from different populations in connection with level of
needlecast damages in nursery*

Populācija Population	Pazīme Trait	Skujbires vērtējums, balles Needlecast damage, in grades				Skujbires ietekmes būtiskums Significance of needlecast damage
		2	3	4	5	
Ūkene	augstuma pieaugums, cm height increment, cm	22,5	21	20,1	18	$\alpha>0,05$
	saglabāšanās, % survival, %	83	79	75	73	$\alpha>0,05$
Smiltene	augstuma pieaugums, cm height increment, cm	24,8	25,5	22,3	22,2	$\alpha>0,05$
	saglabāšanās, % survival, %	87	86	84	84	$\alpha>0,05$
Tukums	augstuma pieaugums, cm height increment, cm	-	27,3	22,5	18,5	$\alpha>0,01$
	saglabāšanās, % survival, %	-	88	80	65	$\alpha>0,01$
Misa	augstuma pieaugums, cm height increment, cm	26,5	23,1	19,8	17,8	$\alpha>0,01$
	saglabāšanās, % survival, %	90	79	72	56	$\alpha>0,01$

Skujbires vērtējums kā 1. tabulā / Needle cast damage grades as described in Table 1.

Populācija un skujbires infekcijas pakāpe būtiski ($\alpha=0,01$) ietekmē koku saglabāšanās rādītājus – par ko liecina visa kokaudzētavas eksperimenta materiāla dispersijas analīzes rezultāti. Līdzīgi brīvapputes pēcnācēju stādījumā konstatēts, ka koku, ar skujbires vērtējumu 3 balles, saglabāšanās (salīdzinot koku skaitu veģetācijas perioda sākumā un beigās) ir 97%, taču, ja vērtējums ir 5 balles – tikai 88%. Skujbires ietekmi šajā gadījumā, iespējams, pastiprinājis ilgstošais sausums veģetācijas perioda vidū, kad novērota arī veselīgu, bet neliela izmēra koku kalšana līdzīga vecuma priežu stādījumos. Daļa no visvairāk bojātajiem (un izmēros mazākajiem) kokiem pēc skuju zaudēšanas nespēja atjaunoties un iznīka. Tas atbilst pētījumu rezultātiem par citu nozīmīgu parastās priedes slimību – skujkoku dzinumū vēzi (*Gremmeniella abietina* (Lagerb.) Morelet) – kur konstatēts, ka lielākajai daļai nokaltušo koku defoliācijas pakāpe bijusi augstāka par 90%, zemāka defoliācijas pakāpe reti izraisa koka bojāeju (Bernhold, Witzell, 2008). Līdzīgu secinājumu izdara arī Cedervind (2003), vērtējot kukaiņu (*Bupalus piniaria* L., *Tomicus piniperda* L.) darbības radītās defoliācijas sekas 40 gadus vecās priežu audzēs. Jāņem vērā, ka jaunāki koki ir vairāk pakļauti vides apstākļu svārstībām (piemēram, sausumam, jo sakņu sistēma vēl nav attīstījusies sevišķi dziļi) un tiem ir arī mazāk barības vielu rezervju negatīvo faktoru ietekmes pārvarēšanai.

Dati par koku saglabāšanos kokaudzētavas eksperimentā liecina, ka populāciju līmeni pastāv ģenētiski nosacītas atšķirības: kā redzams 5. tabulā, pret skujbiri

noturīgākajās populācijās arī augsta bojājumu pakāpe koku saglabāšanos ietekmē tikai nelielā mērā. Rezultāti atbilst iepriekš izvirzītajai hipotēzei, ka noturība pret skujbiri saistīta ne tikai ar inficēšanās pakāpi (uzņēmību), bet arī daļēji ar ģenētiski (populācijas līmeni) nosacītu koku atveseļošanās spēju.

Skujbires bojājumu pakāpi nozīmīgi ietekmē vides apstākļi un infekcijas fons. Par to liecina fakts, ka analizētajā eksperimentā 2007. gadā skujbires bojājumi konstatēti tikai dažiem kokiem, turpretī 2008. gadā – atrasti tikai 6 koki bez skujbires bojājumiem. Analizētajam pēcnācēju pārbaužu stādījumam (eksperiments Nr. 441) paralēlajā stādījumā (eksperiments Nr. 352) ar vienādu ģimeņu sastāvu, koku vecumu, stādīšanas attālumiem, kas ierīkots SIA „Rīgas meži” Daugavas mežniecības 182. kvartālā, skujbire konstatēta tikai ap 3% no kopējā skaita un galvenokārt citu faktoru dēļ novājinātiem (īsākajiem) kokiem. Līdzīgi nozīmīgu stādīšanas vietas ietekmi uz infekcijas pakāpi atzīmē arī Baumanis (1993) un Martinsson (1979), vienlaikus norādot, ka nav konstatēta neviena pret skujbiri pilnīgi rezistenta ģimene. Vērtējot vienu stādījumu pāri, Squillace et al. (1975) nekonstatē būtisku genotipa-vides mijiedarbības ietekmi, taču citu autoru pētījumi liecina, ka skujbires rezistenci genotipa-vides mijiedarbība ietekmē būtiski (Baumanis, 1975; Millar, 1975; Martinsson, 1979). Tas nozīmē, ka ne visos konkrētajos apstākļos vienas un tās pašas ģimenes būs mazāk uzņēmīgas pret šo slimību. Tāpat svarīga loma rezistences noturības nodrošināšanā var būt arī apstāklim, ka dažādu gadu infekcijām iespējamās ģenētiskās atšķirības un līdz ar to arī dažāda ietekme

uz atšķirīgu genotipu kokiem. Kā liecina Eiropas mēroga *Lophodermium* ģints sēņu izpēte ar ģenētiskajiem marķieriem, šīs grupas patogēniem novērojama augsta ģenētiskā daudzveidība un aktīva gēnu migrācija (Müller, Hantula, 2008).

Visi minētie faktori apgrūtina pret skujbiri noturīga materiāla atlasīšanu ģimeņu līmenī, tādēļ nepieciešams un arī uzsākts plašāks pētnieciskais darbs selekcijas metožu pilnveidošanā, tai skaitā izmantojot arī molekulārās ģenētikas sasniegumus. Taču, ņemot vērā analīzes rezultātus, pašlaik meža atjaunošanai skujbires apdraudētās vietās rekomendējams izmantot materiālu no sēkļu plantācijām ar Smiltenes un Ūķenes populāciju kloniem.

Veicot turpmākos pētījumus, svarīgi novērtēt citu pazīmju ģenētisko korelāciju ar skujbires infekcijas pakāpi, apsverot

atlases pēc citām pazīmēm ietekmi uz noturību pret šo slimību un piemērotāko (ekonomiski pamatotāko) metodi tās paaugstināšanai. Tādēļ svarīgi precizēt arī skujbires noturības ģenētiskos parametrus: iedzimstamības koeficientu, aditīvās ģenētiskās mainības noteikto variācijas koeficientu, genotipa-vides mijiedarbību. Šobrīd trūkst informācijas par skujbires bojājumu izraisītām sekām ilgstošā (vairāku gadu) laika periodā: gan situācijā, kad šīs slimības kokaudzētavā inficēti (bojāti) stādi tiek izmantoti meža atjaunošanā, gan gadījumā, kad skujbires epidēmija stādījumā turpinājusies vairākus gadus pēc kārtas. Nozīmīgi identificēt skujbires apdraudētās vietas (un to raksturojošo pazīmju kompleksu), tātad potenciālās noturīgā stādmateriāla izmantošanas platības un to kopējo apjomu.

Secinājumi

1. Skujbires bojājumu pakāpe būtiski ietekmē kārtējā gada koku augstuma pieaugumu gan 4 gadus veciem kokiem stādījumā ($\alpha=0,001$), gan 3-gadīgiem stādiem kokaudzētavā ($\alpha=0,001$). Kokaudzētavā sakarība ir spēkā pat pie nosacījuma, ka iepriekšējā gadā (2 gadu vecumā) būtiskas koku augstuma atšķirības grupās ar dažādu infekcijas pakāpi nav konstatētas. Ceturtajā gadā augstuma pieaugums stādījumā kokiem ar 6-35% inficētām iepriekšējā gada skujām ir 24,7 cm; ja inficēti 36-65% skuju (kā konstatēts 44% no koku skaita), pieaugums ir 22,8 cm; augstākā infekcijas pakāpe (96-100% skuju) reducē augstuma pieaugumu līdz 11,5 cm.
2. Skujbires infekcijas pakāpe statistiski būtiski ($\alpha=0,01$) ietekmē koku saglabāšanos. Eksperimentālajā stādījuma grupā ar 36-65% bojātām kārtējā gada skujām veģetācijas perioda beigās nokaltuši 3% koku, turpretī augstākās skujbires bojājumu pakāpes grupā (96-100% bojātu skuju) – 12%.
3. Populācijas ietekme uz skujbires infekcijas pakāpi ir būtiska 3 gadus veciem stādiem kokaudzētavā ($\alpha=0,05$); 4 gadus veciem kokiem stādījumā skujbires visvairāk bojāto koku īpatsvara atšķirības starp populācijām ir nozīmīgas, tomēr statistiski nebūtiskas.
4. Populācija būtiski ($\alpha=0,01$) ietekmē koku augstuma pieaugumu skujbires epidēmijas gadā gan 3 gadus veciem stādiem kokaudzētavā, gan 4 gadus veciem kokiem stādījumā.

Tāpat populācija būtiski ($\alpha=0,01$) ietekmē koku saglabāšanās rādītājus, par ko liecina visa kokaudzētavas eksperimenta materiāla dispersijas analīzes rezultāti.

5. Pret skujbīri noturīgākajās populācijās slimības ietekme uz augstuma pieaugumu un saglabāšanos ir neizteikta un statistiski nebūtiska. Tas liecina, ka pastāv reālas populāciju atšķirības rezistencē pret skujbīri, kas saistītas ne tikai ar slimības uzņēmību, bet arī ar atveseļošanos pēc skujbīres radītajiem bojājumiem.
6. No izvērtētajām pret skujbīri noturīgākās ir Smiltenes un Ūķenes populācijas, tādēļ meža atjaunošanai skujbīres apdraudētās vietās rekomendējams izmantot materiālu no sēklu plantācijām ar šo populāciju kloniem.

Pateicība: autori pateicas LVMI „Silava” Meža selekcijas un ģenētikas grupas pētniekam A. Gailim par atļauju izmantot analīzei parastās priedes pluskoku un plantāciju klonu brīvapputes pēcnācēju materiālu kokaudzētavā.

Literatūra

- Anonīms** (2006) Priežu brūnā skujbīre. No: M. Poteri (red.) Kaitēkļi un slimības kokaudzētavās: tulkojums latviešu valodā. „Latvijas valsts meži”, Rīga, 51.-52. lpp.
- Baumanis I.** (1975) Priežu pēcnācēju rezistence pret skujbīri un tās korelācija ar citām pazīmēm. Jaunākais Mežsaimniecībā, 17, 28.-32. lpp.
- Baumanis I.** (1993) A Complex Research Project: Factors in Latvia Affecting the Health of Pine (Planting Stock and Young Plantations), and Recommended Protective Measures. Proceeding of the Latvian Academy of Sciences, 7 (552), pp. 79-80.
- Baumanis I., Pirāgs D., Spalviņš Z.** (1982) Resistance trials of Scots pine clones in Latvian SSR. In: H.M. Heybroek, B.R. Stephan, K. von Weissenberg (eds.) Resistance to diseases and pests in forest trees: Proceeding of the Third International Workshop on the Genetics of Host-Parasite Interactions in Forestry, 14-21 September, 1980, Wageningen, Netherlands, pp. 448-449.
- Bernhold A., Hansson P., Rioux D., Simard M. and Laflamme G.** (2008) Resistance of Introduced *Pinus contorta* and Native *P. sylvestris* to *Gremmeniella abietina*. In: Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health: A Review of Science, Policies and Practices: Book of Abstracts of international scientific conference, 25-28 August, Umeå, Sweden, p. 33.
- Bernhold A., Witzell J.** (2008) Tree Mortality, Increment Loss and Foliage Recovery in Middle-Aged *Pinus sylvestris* following Defoliation by *Gremmeniella abietina* and Subsequent Attack by *Tomicus piniperda*. In: Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health: A Review of Science, Policies and Practices: Book of Abstracts of international scientific conference, 25-28 August, Umeå, Sweden, p. 34.

- Booy G., Hendriks R. J. J., Smulders M. J. M., Van Groenendael J. M., Vosman B.** (2000) Genetic Diversity and the Survival of Populations. *Plant biol.*, 2, pp. 379–395.
- Cedervind J.** (2003) Impact of pine looper defoliation in Scots pine: Doctoral dissertation, Department of Entomology, SLU. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae. Silvestria*, 297, 44 p.
- Drenkhan R., Kurkela T., Hanso M.** (2006) The relationship between the needle age and the growth rate in Scots pine (*Pinus sylvestris*): a retrospective analysis by needle trace method (NTM). *European Journal of Forest Research*, 125, pp. 397–405.
- Hanso M., Drenkhan R.** (2007) Retrospective Analysis of *Lophodermium seditiosum* Epidemics in Estonia. *Acta Silv. Lign. Hung., Spec. Edition*, pp. 31-45
- Hansson P., Ottosson-Löfvenius M.** (2008) Was the Latest Outbreak of *Gremmeniella abietina* in Sweden Caused by Certain Climatic Sequences? In: *Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health: A Review of Science, Policies and Practices: Book of Abstracts of international scientific conference*, 25-28 August, Umeå, Sweden, p. 85.
- Hyytiäinen K., Ilomäki S., Mäkelä A., Kinnunen K.** (2006) Economic analysis of stand establishment for Scots pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(5), pp. 1179–1189.
- Kanaskie A.** (1990) *Lophodermium* Needle Cast of Scotch Pine. In: P.B. Hamm, S.J. Campbell, E.M. Hansen (eds.) *Growing Healthy Seedlings: Identification and management of pests in northwest forest nurseries*. Oregon State University, Oregon, USA, pp. 34.
- Kessel C.** (2003) Needlecast Diseases of Pine and Spruce. Available at: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/Needlecast.htm#B.%20Lophoderium%20Needlecast%20of%20P>. Resurss apraksts 02.09.2008.
- Koski V.** (1970) A study of pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. *Com. Inst. For. Fen.*, 70 (4), 78 p.
- Liesebach M., Stephan B.R.** (1996) Results of the IUFRO 1982 Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Provenance Experiment in Southwestern Germany. *Silvae Genetica*, 5-6, pp. 342-349.
- Lindström A., Hellqvist C., Stattin E., Håkansson L.** (2005) Miniplantor: presentation in NSFP conference, 22-24 august, Frostavallen Höör, Sweden. Available at: <http://www.nordgen.org/nsfp/index.php/skand/moeten/konferenser/dokumentation>, resurss apraksts 28.08.2008.
- Martinsson O.** (1979) Testing Scots Pine for Resistance to *Lophodermium* Needle Cast. *Studia Forestalia Suecica*, 150, 63 p.
- Millar C.** (1975) Report on 5th European Colloquium for Forest Pathologists *Lophodermium* in pines. *European journal of forest pathology*, 5(6), pp. 383-384.
- Müller M.** (2007) Adaption to local climate and dispersion potential of some conifer pathogens in Europe: Metla Project 3437. Available at: <http://www.metla.fi/hanke/3437/index-en.htm#tavoitteet#tavoitteet>, resurss apraksts 04.09.2008.
- Müller M.M., Hantula J.** (2008) Can Long Distance Gene Flow Contribute to Adaptation

- of Fungal Pathogen Populations to Changing Climate? In: Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health: A Review of Science, Policies and Practices: Book of Abstracts of international scientific conference, 25-28 August, Umeå, Sweden, p. 172.
- Ormrod D.J.** (1976) Control of lophodermium needle cast of Scots pine Christmas trees in British Columbia. Canadian Plant Disease Survey, 56, pp. 69-72.
- Ortiz-García S., Gernandt D.S., Stone J.K., Johnston P.R., Chapela I.H., Salas-Lizana R., Alvarez-Buylla E.R.** (2003) Phylogenetics of *Lophodermium* from pine. Mycologia, 95(5), pp. 846-859.
- Ostry M.E., Nicholls T.H.** (1989) Effect of *Lophodermium seditiosum* on Growth of Pine Nursery Seedlings in Wisconsin. Plant Disease, 73 (10), pp. 798-800.
- Reich P.B., Wright I.J., Cavender-Bares J., Craine J.M., Oleksyn J., Westoby M., Walters M.B.** (2003) The Evolution of Plant Functional Variation: Traits, Spectra, and Strategies. Int. J. Plant Sci., 164 (3 Suppl.), pp. 143-164.
- Robledo-Arnuncio J.J., Alía R., Gil L.** (2004) Increased selfing and correlated paternity in a small population of a predominantly outcrossing conifer, *Pinus sylvestris*. Molecular Ecology, 13, pp. 2567-2577.
- Saksa T., Miina J.** (2007) Cleaning methods in planted Scots pine stands in southern Finland: 4-year results on survival, growth and whipping damage of pines. Silva Fennica, 41(4), pp. 661-670.
- Scholz F., Stephan B.R.** (1981) Physiological studies on variation in resistance of *Pinus sylvestris* to *Lophodermium pinastri*. II. Variation of buffering capacity in needles of different ages with relation to resistance. European Journal of Forest Pathology, 11 (4), pp. 221-233.
- Scholz F., Stephan B.R.** (1982) Buffering of pH in plant organs and resistance against fungi. In: H.M. Heybroek, B.R. Stephan, K. von Weissenberg (eds.) Resistance to diseases and pests in forest trees: Proceeding of the Third International Workshop on the Genetics of Host-Parasite Interactions in Forestry, 14-21 September, 1980, Wageningen, Netherlands, pp. 176-186.
- Squillace A. E., La Bastide J. G. A., Van Vredenburg C. L. H.** (1975) Genetic Variation and Breeding of Scots Pine in the Netherlands. Forest Science, 21 (4), pp. 341-352.
- Staley J.M., Nicholls T.H.** (1989) Lophodermium Needle Cast. In: Cordell C.E., Anderson R.L., Hoffard W.H., Landis T.D., Smith R.S. Jr., Toko H.V. (eds.) Forest Nursery Pests. USDA Forest Service, Agriculture Handbook No. 680, pp 49-51.
- Stenström E., Arvidsson B.** (2001) Fungicidal Control of *Lophodermium seditiosum* on *Pinus sylvestris* Seedlings in Swedish Forest Nurseries. Scandinavian Journal of Forest Research, 16(2), pp. 147-154.
- Stephan B.R., Scholz F.** (1981) Preliminary results of crosses between Scots pine clones from two different provenances. In: Scots pine forestry of the future: Proceeding of

IUFRO WP S2.03.05. Symposium, Kornik, Poland, pp. 141.

- Tigerstedt P.M.A., Rudin D., Niemelä T., Tammisola J.** (1982) Competition and neighbouring effect in a naturally regenerating population of Scots pine. *Silva Fennica*, 16 (2), pp. 122-129.
- Vuorinen M.** (2008) Climatic Factors Affecting the Needlecast Epidemics Caused by *Lophodermium seditiosum*. In: Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health: A Review of Science, Policies and Practices: Book of Abstracts of international scientific conference, 25-28 August, Umeå, Sweden, p. 259.
- Wennström U., Bergsten U., Nilsson J-E.** (1999) Mechanised microsite preparation and direct seeding of *Pinus sylvestris* in boreal forests – a way to create desired spacing at low cost. *New Forests*, 18(2), pp. 179-198.
- Бауманис И.И.** (1983) Влияние географического происхождения на резистентность сосны. На: В.И. Ермаков, М.А. Щербакова, И.Э. Этверк, Е.А. Пугач, М.А. Тихова (ред.) Тезиси докладов Всесоюзное совещание по лесной генетике, селекции и семеноводству, 1-4 ноября, Петрозаводск, Россия, с. 114-116.