

Čiekuru un sēklu parametru novērtējums parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) sēklu plantācijās

Una Neimane¹, Mārtiņš Vaišļa¹, Baiba Džeriņa¹,
Mārtiņš Puriņš¹, Āris Jansons^{1*}

Neimane, U., Vaišļa, M., Džeriņa, B., Puriņš, M., Jansons, Ā. (2014). Čiekuru un sēklu parametru novērtējums parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) sēklu plantācijās. Mežzinātne 28(61): 136–152.

Kopsavilkums. Pašlaik Latvijā visas meža atjaunošanai nepieciešamās priežu sēklas tiek ievāktas sēklu plantācijās, kas nodrošina efektīva un ģenētiski augstvērtīga reprodūktīvā materiāla iegūvi. Plantācijās ievāktu sēklu selekcijas efektu nosaka gan pārstāvēto klonu selekcijas vērtība, gan arī šo klonu čiekuru un sēklu īpašības, kas lielā mērā ir ģenētiski nosacītas. Pētījumā izmantots trīs ražas gadu (2010., 2012., 2013. g.g.) materiāls no divām plantācijām (Misa un Sāviena). Misas un Smiltenes provenienču kloniem (kopumā analizēti 11366 čiekuru dati) novērtēta čiekuru atvēršanās pakāpe, to garums, sēklu skaits čiekurā, 1000 sēklu masa, sēklu dīgtspēja, ģenētikas ietekme uz šīm pazīmēm, kā arī to savstarpējās sakarības.

Vidējais čiekuru garums trīs gadu ražai bija $37,9 \pm 0,65$ mm. Korelācijas koeficientu vērtības viena un tā paša klona čiekuru garumam divos dažādos novērojumu gados (katrā plantācijā atsevišķi) bija pozitīvas un statistiski būtiskas ($r = 0,54...0,55$; $p < 0,001$). Viena gada (2013. g.) ražai vidējais sēklu skaits čiekurā bija $11,3 \pm 0,86$ (no 3 līdz 26 sēklām), vidējā 1000 sēklu masa bija $8,1 \pm 0,24$ g (4,5–11,8 g), sēklu dīgtspēja vidēji 76 % (39 %–95 %).

Salīdzinot neatvērušos čiekuru īpatsvaru dažādu gadu čiekuru ražai, konstatēts, ka 2010. gadā statistiski būtiski lielāks ($p < 0,001$) ir neatvērušos čiekuru īpatsvars (23 %) nekā 2012. gada un 2013. gada ražai (attiecīgi 11 % un 9 %); būtiskas neatvērušos čiekuru īpatsvara atšķirības starp abām plantācijām, kā arī starp abām proveniencēm netika konstatētas. Analizējot klonu čiekuru datus katrā plantācijā konkrēta gada čiekuru ražai, noskaidrots, ka klonam ir būtiska ($p < 0,001$) ietekme uz čiekuru atvēršanās pakāpi; atsevišķiem kloniem neatvērušos čiekuru īpatsvars bija 0–100 %. Korelācijas koeficientu vērtības viena un tā paša klona neatvērušos čiekuru īpatsvaram divos dažādos novērojumu gados (katrā plantācijā atsevišķi) bija pozitīvas, bet ne augstas un ne vienmēr statistiski būtiskas ($r = 0,16...0,49$).

Neatvērušos čiekuru īpatsvaram nav konstatētas statistiski būtiskas sakarības ar čiekuru garumu, 1000 sēklu masu vai dīgtspēju ($p > 0,05$), bet korelācija ar sēklu vidējo skaitu čiekurā bija statistiski būtiska un negatīva ($r = -0,28$; $p < 0,01$). Čiekuru garumam konstatēta pozitīva sakarība ar 1000 sēklu masu ($r = 0,40$; $p < 0,001$), kā arī ar sēklu skaitu

¹ LVMI Silava, Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija; * e-pasts: aris.jansons@silava.lv

čiekurā ($r = 0,35$; $p < 0,001$), bet ne sēklu dīgtspēju. Konstatēta arī pozitīva būtiska korelācija ($r = 0,57$; $p < 0,001$) starp 1000 sēklu masu un sēklu dīgtspēju. Sēklu skaitam čiekurā nav konstatētas sakarības ar 1000 sēklu masu vai dīgtspēju.

Nozīmīgākie vārdi: selekcijas efekts; čiekuru atvēršanās kaltē; sēklu skaits čiekurā.

•••

Neimane, U.², Vaisla, M.², Dzerina, B.², Purins, M.², Jansons, A.^{2*} **Assessment of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) cone and seed parameters in seed orchards.**

Abstract. Seeds for Scots pine regeneration are obtained exclusively from seed orchards in Latvia. It ensures that plants are not produced from seed material with undesirable inherited traits. Genetic gain of particular seed orchard is determined both by its clone composition (breeding values of clones) and by contribution of each particular clone to seed orchard crop. Clone contribution is influenced by properties of its cones and seeds, including the opening of cones in cone-dryer that is at least partly genetically determined.

Aim of our study was to characterize differences in contribution of clones to seed orchard crop by assessing the cone and seed properties, their genetic determination and correlations. Cones for the study were collected in two seed orchards (Misa and Saviena) in three years (December of 2010, 2012, 2013) from clones of two provenances (Misa and Smiltene). Cones were dried in cone-dryer of JSC *Latvijas valsts meži* in Kalsnava according to standard procedure and seed properties assessed in Forest seed control laboratory according to rules of International Seed Testing Association (ISTA). Altogether 11366 cones (10–30 cones per clone in each year) were analysed: cone length measured, degree of opening after drying assessed in four grade scale (where 3 – completely open, 0 – completely closed), number of seeds per cone (obtained in standard drying procedure without any additional effort), weight of 1000 seeds and germination of seeds assessed.

Average length of the cone was 37.9 ± 0.65 mm. Absolute value of clone mean cone length differed between years, but correlation was positive and significant ($r = 0.54 \dots 0.55$; $p < 0.001$). Average number of seeds per cone was 11.3 ± 0.86 (ranging from 3 to 26 for particular clones), average weight of 1000 seeds was 8.1 ± 0.24 g (4.5–11.8 g), and percentage of seed germinating: 76 % (39 %–95 %).

Proportion of cones that were closed (opening grade 1 and 0) after drying ranged from 9 % to 23 % and was significantly ($p < 0.001$) higher in year 2010 than in other years; no significant influence of provenance or seed orchard on this trait were detected. Clone (genotype) has a significant ($p < 0.001$) influence on the proportion of closed cones (clone mean values ranged from 0 % to 100 %), however, clone mean correlation for this trait between years was moderate ($r = 0.16 \dots 0.49$) and not in all cases statistically significant.

There was no statistically significant ($p > 0.05$) correlation at clone mean level between the proportion of closed cones and length of cone, 1000 seed weight or percentage

² Latvian State Forest Research Institute “Silava”, 111 Riga str., Salaspils, LV-2169, Latvia;

* e-mail: aris.jansons@silava.lv

of germination, but statistically significant negative correlation with number of seed per cone was found ($r = -0.28$; $p < 0.01$). Clone mean cone length was connected to 1000 seed weight ($r = 0.40$; $p < 0.001$), that, in turn, was linked to germination percentage ($r = 0.57$; $p < 0.001$).

Results clearly demonstrated the potential differences in representation of clones in seed orchard progenies due to genetically determined cone and seed traits. The available information of those traits needs to be considered during the selection of set of clones and their representation (number of ramets) for a new seed orchard.

Key words: genetic gain; cone opening; number of seeds in cone.

•••

Неймане, У.³, Вайшля, М.³, Джериня, Б.³, Пурынш, М.³, Янсонс, А.^{3*} **Параметры шишек и семян в семенных плантациях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).**

Резюме. Теперь в Латвии сосновые семена, необходимые для восстановления леса, собирают на семенных плантациях, что гарантирует высокое качество репродуктивного материала. Селекционный эффект этих семян обуславливает как селекционная ценность данных клонов, так и свойства шишек и семян этих клонов, что в большой мере определено генетически. В исследовании использован материал, добытый на двух плантациях (Misa и Sāviena) в течении трёх урожайных годов (2010, 2012 и 2013 г.г.). У клонов провениенций Misa и Sāviena (в общем итоге анализированы данные 11366 шишек) оценена степень раскрытия шишек, их длина, численность семян, масса 1000 семян, всхожесть семян, влияние генетики на упомянутые свойства, а также их взаимозависимость.

Средняя длина шишек трёхгодичного урожая $37,9 \pm 0,65$ мм. Величины коэффициентов корреляции длины у шишек одного и того же клона в двух различных годах наблюдений (в каждой плантации отдельно) были позитивными и статистически существенными ($r = 0,54...0,55$; $p < 0,001$). Среднее число семян, содержащихся в одной шишке одного урожайного года (2013), составляет $11,3 \pm 0,86$ (у клонов 3–26), а средняя масса 1000 семян соответственно $8,1 \pm 0,24$ г (4,5–11,8 г), а средняя схожесть семян – 76 % (39 %–95 %).

Сравнивая удельный вес нераскрывшихся шишек в различных годах урожайности, констатировано, что более высокий удельный вес нераскрывшихся шишек урожая 2010 года (23 %) является статистически существенным ($p < 0,001$) сопоставляя с данными урожая 2012 и 2013 годов (соответственно 11 % и 9 %); существенные различия удельного веса нераскрывшихся шишек между плантациями, а также между обеими провениенциями не обнаружены. Анализируя данные клоновых шишек в каждой плантации и в определенном году урожайности, установлено, что клон существенно влияет на степень раскрытия шишек ($p < 0,001$); удельный вес нераскрывшихся шишек у некоторых клонов составляет 0–100 %. Величины коэффициентов корреляции удель-

³ ЛГИЛ «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия; * эл. почта: aris.jansons@silava.lv

ного веса нераскрывшихся шишек одного и того же клона в двух различных годах наблюдений (в каждой плантации отдельно) были позитивными, но невысокими и не всегда статистически существенными ($r = 0,16...0,49$).

Не констатирована существенная взаимосвязь удельного веса нераскрывшихся шишек с длиной шишек и с массой 1000 семян или всхожестью семян ($p > 0,05$), в свою очередь корреляция со средним числом семян содержащихся в шишке была статистически существенной и негативной ($r = -0,28$; $p < 0,01$). Установлена позитивная взаимосвязь длины шишек с массой 1000 семян ($r = 0,40$; $p < 0,001$), а также и с числом семян в шишке ($r = 0,35$; $p < 0,001$), но не со схожестью семян. Констатирована также существенная и позитивная корреляция между массой 1000 семян и схожестью семян. Не установлена взаимосвязь между численностью семян в шишке с массой 1000 семян или всхожестью семян.

Ключевые слова: селекционный эффект, раскрытие шишек в сушилке, численность семян в шишке.

Ievads

Meža koku sēklu plantācijās tiek īstenoti divi galvenie mērķi – koncentrēta sēklu materiāla ieguve un nodrošināta šo sēklu augsta ģenētiskā kvalitāte. Latvijā priedes selekcija aizsākās 1957. gadā, izvēloties izcilos kokus labākajās mežaudzēs, un jau 1977. gadā pirmās pakāpes priežu sēklu plantāciju platība pārsniedza 500 ha (Zviedre, 1988). Pašreiz Latvijā visas meža atjaunošanai nepieciešamās priežu sēklas iegūst sēklu plantācijās. AS „Latvijas valsts meži” apsaimnieko priežu sēklu plantācijas 580 ha platībā, t.sk., 122 ha sastāda otrās pakāpes plantācijas (http://www.lvm.lv/lat/lvm/lvm_struktura/lvm_seklas_un_stadi/).

Latvijā un citās valstīs sēklu plantācijās veic ne tikai produkcijas uzskaiti, bet arī pētījumus, lai noskaidrotu iegūstamās sēklu ražas apjomu, kā arī tās fizioloģisko un ģenētisko kvalitāti noteicošos faktoros. Čiekuru ražu lielā mērā ietekmē klonu

ziedēšanas intensitāte, klonu ziedēšanas fenoloģija (sinhronitāte), kā arī sievišķo strobilu apaugļošanās (čiekuru aizmešanās) sekmes; minētos faktoros savukārt nosaka gan iedzimtība, gan vide (Sarvas, 1962; Dreimanis, 1973; Laura, Bērziņa, 1978; Zviedre, 1985). Pētījumos konstatēta vienu un to pašu klonu sievišķās ziedēšanas (Dreimanis, 1991; Savolainen *et al.*, 1993) un čiekuru ražošanas (Andersson, Hattemer, 1978; Kroon *et al.*, 2007) intensitātes stabilitāte vairākos sēklu ražas gados, liecinot par nozīmīgu ģenētikas ietekmi uz šīm pazīmēm. Ziedēšanas intensitāti nosaka meteoroloģiskie apstākļi pumpuru diferencēšanās laikā (iepriekšējā veģetācijas periodā) (Zviedre, 1985), savukārt sievišķo strobilu saglabāšanos negatīvi ietekmē vēlās pavasara salnas ziedēšanas laikā, sevišķi plantācijas mikroreljefa pazeminājumos (Laura, Bērziņa, 1978), kā arī spēcīgas lietusegāzes un vējš, vai ilgstošs sausums

(Zviedre, 1985). Čiekuru ražas apjomu ietekmē arī ūdens un barības vielu pieejamība (Mikola, 1987; Karlsson, Örlander, 2002). Mēslošana, t.sk. mikroelementu lietošana, paaugstina ne vien sēklu ražu, bet arī klonu līdzdalību plantācijas ģenētiskajā materiālā (Danusevičius, 1987). Analizējot globālo klimata izmaiņu iespējamo ietekmi uz sēklu ražošanu parastajai priedei, tās areāla ziemeļu robežas tuvumā konstatēta sēklu ražas palielināšanās temperatūras paaugstināšanās ietekmē (Matías, Jump, 2012).

Sēklu kvantitatīvais iznākums saistīts ne vien ar čiekuru skaitu, bet arī ar čiekuru izmēriem, ko pētījumos bieži raksturo ar čiekuru garumu; tā absolūtie rādītāji vienam un tam pašam klonam dažādos ražas gados vides apstākļu ietekmē var ievērojami mainīties, tomēr starpklonu atšķirības (čiekuru relatīvais garums) saglabājas, apliecinot, ka pazīme ir ģenētiski determinēta (Dreimanis, 1974).

Praktiskajā sēklu plantāciju apsaimniekošanā nozīmīgs sēklu ieguvī ietekmējošs aspekts, kas nav analizēts nesēn veiktajā pētījumā par priežu čiekuru pazīmēm (Baumanis u.c., 2012), ir arī čiekuru atvēršanās pakāpe. Absolūto čiekuru atvēršanās laiku nosaka to nogatavošanās pakāpe, ražas gads un kaltes tehnoloģija, tomēr vienlaicīgi ievāktiem dažādu klonu čiekuriem žāvēšanas ilguma attiecība saglabājas nemainīga (Zviedre, 1981; 1985). Plantācijās iegūstamās sēklu ražas apjoms var samazināties kaitēkļu ietekmē – priežu čiekuru galvenie kaitēkļi ir priežu čiekuru smecernieks un svilinātājs (Zviedre, 1985).

Konkrēta genotipa (klona) pēcnācēju

skaitu nosaka ne tikai iegūto sēklu daudzums, bet arī to kvalitāte (sēklu dīgspēja, 1000 sēklu masa), kas ietekmē dīgstu skaitu un saglabāšanos, kā arī – pirmajos dzīves gados – to augšanu (Mangalis, 1971; Castro, 1999).

Plantācijā iegūstamā reproduktīvā materiāla ģenētiskās īpašības teorētiski nosaka šajā plantācijā pārstāvēto klonu sastāvs un to rametu skaits, tomēr reālo dažādu klonu līdzdalību plantācijas sēklu ražošanā, un līdz ar to plantācijas sēklu selekcijas efektu, nosaka klonu atšķirības pēc čiekuru ražas, čiekuru atvēršanās īpatnībām, sēklu skaita čiekurā un to raksturlielumiem. Lai skaidrotu atšķirības klonu līdzdalībā plantācijas sēklu masas veidošanā, mūsu pētījuma mērķis ir novērtēt čiekuru un sēklu parametrus divu provenienču kloniem dažādos ražas gados, kā arī raksturot šo pazīmju savstarpējās sakarības.

Materiāls un metodes

Pētījuma materiāls ievākts no divu parastās priedes provenienču kloniem (Misas un Smiltenes) divās AS „Latvijas valsts meži” apsaimniekotajās II pakāpes priežu sēklu plantācijās Latvijas centrālajā un austrumu daļā:

- 1) Misas plantācijā (Ķekavas novads, Ķekavas pagasts, 56° 44' Z pl., 24° 07' A gar.); LVMI Silava ilglaicīgo zinātnisko pētījumu objektu reģistrā Nr. 3003200000011, plantācija ierīkota 1998. gadā 5,45 ha platībā, pārstāvēti 133 Misas proveniencas kloni;
- 2) Sāvienas plantācijā (Madonas novads, Ļaudonas pagasts, 56° 40' Z pl., 26° 05' A gar.), MRMIA reģ.

Nr. 0147600001, kategorija „pārāks”, plantācija ierīkota 1986.–1989. g.g. 98,9 ha platībā, pārstāvēti kopumā 230 kloni, t. sk. 80 Misas proveniencas kloni un 87 Smiltenes proveniencas kloni.

Pētījumā izmantots trīs gadu čiekuru ražas materiāls – čiekuri ievākti 2010., 2012. un 2013. gada decembrī (1. tab.).

No katra klona ievākti vismaz 30 čiekuri un ievietoti atsevišķos auduma maisiņos. Ja čiekuru skaits klonam mazāks par 30, ievākti visi čiekuri, un analīzei izmantoti kloni, no kuriem izdevies ievākt vismaz 10 nebojātus čiekurus (par bojātu uzskatīts čiekurs, kuram redzama kāpura eja vai arī čiekurs sasveķojies). Pēc bojāto čiekuru īpatsvara noteikšanas pārējās čiekurus un sēklas raksturojošās pazīmes novērtētas tikai veselajiem čiekuriem. Pavisam analizēti 11366 čiekuru dati.

Visā periodā ievāktajiem čiekuriem (atsevišķi no katra klona) veikta apstrāde AS „Latvijas valsts meži” Kalsnavas čiekurkaltē saskaņā ar šādu metodiku: čiekuri pēc nogādāšanas čiekurkaltē divas stundas apžāvēti +30 °C temperatūrā un 24 stundas kaltēti +48 °C temperatūrā. Tad čiekuri aplaistīti ar ūdeni un četras stundas notecināti, vēlāk atkal apžāvēti divas stundas +30 °C temperatūrā, un pēc tam kaltēti 16 stundas +50 °C temperatūrā. Pēc kaltēšanas čiekuriem ar elektronisko bīdmēru izmērīts garums (mm) un noteikta atvēršanās pakāpe 4 ballu skalā – no „0” čiekuriem, kas nav atvērušies, līdz „3” čiekuriem, kas pilnībā atvērušies. Katram čiekuru paraugam, definējot čiekurus ar vērtējumu „0” un „1” kā neatvērušos, aprēķināts neatvērušos čiekuru īpatsvars. 2013. gadā ievāktajiem paraugiem noteikts arī vidējais sēklu skaits

1. tabula, Table 1

Ievāktā čiekuru materiāla raksturojums
Characterization of cone material

Plantācija <i>Seed orchard</i>	Ražas gads <i>Crop year</i>	Provenience <i>Provenance</i>	Klonu skaits <i>Number of clones</i>	Vidējais čiekuru skaits no klona <i>Average number of cones per clone</i>	Vidējais kukaiņu bojāto čiekuru īpatsvars, % <i>Average proportion of damaged cones, %</i>
Misa	2012	Misa	26	24,0	0,4
Misa	2013	Misa	89	27,7	3,0
Sāviena	2010	Misa	71	24,0	*
Sāviena	2010	Smiltene	79	21,7	*
Sāviena	2012	Misa	22	22,2	3,7
Sāviena	2012	Smiltene	64	25,1	2,5
Sāviena	2013	Misa	55	33,1	1,2
Sāviena	2013	Smiltene	28	33,5	2,9

* nav uzskaitīts/ *not registered.*

vienā čiekurā un 1000 sēklu masa (kloniem, no kuriem izdevās iegūt vismaz 100 sēklas). Daļai 2013. gadā ievāktu paraugu – 54 klonu sēklām – Meža pētīšanas stacijas Meža sēklu kontroles laboratorijā, atbilstoši Starptautiskās sēklu kontroles asociācijas (ISTA) noteikumiem (*International Rules for Seed Testing*), novērtēta (tāpat kā sēklkopības prakses vajadzībām) sēklu dīgļspēja, dīgšanas enerģija, sēklu ar anormāliem dīgštiem un dažādu kategoriju nedīgušu sēklu īpatsvars (cietas, svaigas, nedzīvas, tukšas, bez dīgļiem, insektu bojātas, izsutušas).

Veicot datu apstrādi, noteiktas čiekurus un sēklas raksturojošo pazīmju vidējās vērtības kloniem, proveniencēm un plantācijām dažādos gados (\pm ticamības intervāls), ar dispersijas analīzi un Kruskal-Wallis testu novērtētas pazīmju atšķirības starp kloniem, proveniencēm un plantācijām, ar korelācijas un regresijas analīzes palīdzību – sakarība starp vairāku gadu ražās pārstāvēto klonu pazīmēm, kā arī skaidrotas novērtēto pazīmju savstarpējās sakarības.

Rezultāti

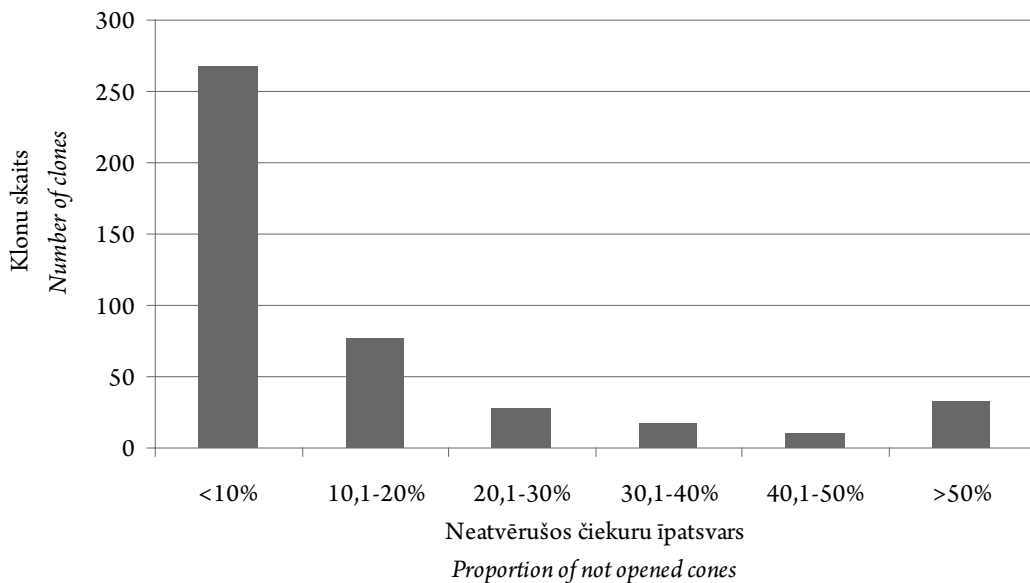
Sēklu plantācijās ievāktajiem čiekuriem kukaiņu bojājumi konstatēti nelielā apjomā – vidējais proveniencē klonu bojāto čiekuru īpatsvars maksimāli sasniedza 3,7 % (Misas proveniencē kloniem Sāvienas plantācijā 2012. gadā). Maksimālais atsevišķa klona bojāto čiekuru īpatsvars bija 35 %, tomēr abās plantācijās visā novērojumu periodā vairāk nekā 50 % klonu neviens bojāts čiekurs netika konstatēts.

Analizējot veselo neatvērušos čiekuru īpatsvaru dažādu gadu čiekuru ražā, konstatēts, ka 2010. gadā statistiski būtiski

($p < 0,001$) lielāks ir neatvērušos čiekuru īpatsvars (23 %) nekā 2012. gada un 2013. gada ražā (attiecīgi 11 % un 9 %, kas savstarpēji būtiski neatšķiras). Visā novērojumu periodā kopumā netika konstatētas statistiski būtiskas neatvērušos čiekuru īpatsvara atšķirības starp abām plantācijām (Misas plantācijā vidēji 12 %, Sāvienas plantācijā – 16 %), kā arī starp abām proveniencēm (Misas proveniencē vidēji 15 %, Smiltenes proveniencē – 14 %). Analizējot katras plantācijas klonu čiekuru datus konkrēta gada čiekuru ražai, noskaidrots, ka klonam ir būtiska (Kruskal-Wallis tests; $p < 0,001$) ietekme uz čiekuru atvēšanās pakāpi. Atsevišķiem kloniem neatvērušos čiekuru īpatsvars bija robežās no 0 % līdz 100 %. Šīs pazīmes vērtību, katram klonam atsevišķā ražas gadā katrā plantācijā, izmantojot kā unikālu datu punktu, konstatēts, ka kopumā neatvērušos čiekuru īpatsvars 62 % klonu nepārsniedza 10 % (savukārt šīs grupas ietvaros vairāk nekā pusei klonu vispār netika konstatēti neatvērušies čiekuri), 31 % klonu neatvērušos čiekuru īpatsvars bija robežās no 11 % līdz 50 %, bet tikai 7 % klonu novērota vairāk nekā puse neatvērušos čiekuru (1. att.).

Korelācijas koeficientu vērtības viena un tā paša klona neatvērušos čiekuru īpatsvaram divos dažādos novērojumu gados (katrā plantācijā atsevišķi) bija $r = 0,31$ ($p < 0,01$) starp 2010. un 2012. gada ražu (78 kloni), $r = 0,49$ ($p < 0,001$) starp 2010. un 2013. gada ražu (78 kloni) un $r = 0,16$ ($p > 0,05$) starp 2012. un 2013. gada ražu (56 kloni).

Vidējais čiekuru garums visā novērojumu periodā bija $37,9 \pm 0,65$ mm; čiekuru garuma salīdzinājums abās plantācijās Mi-



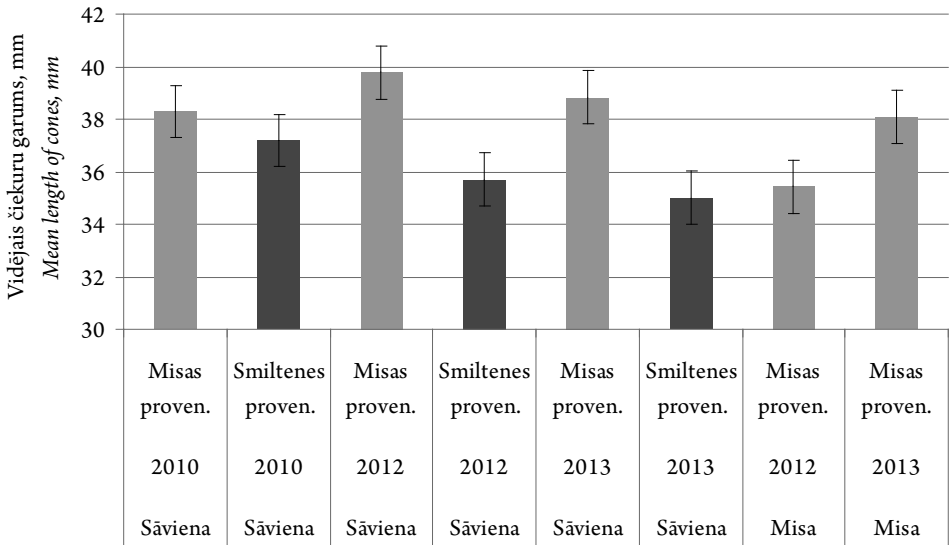
1. attēls. Klonu skaita sadalījums saistībā ar neatvērušos čiekuru īpatsvaru.

Figure 1. Distribution of the number of clones depending on the proportion of not opened cones.

sas un Smiltenes proveniencēm dažādos ražas gados parādīts 2. attēlā. Korelācijas koeficientu vērtības viena un tā paša klona čiekuru garumam divos dažādos novērojumu gados (katrā plantācijā atsevišķi) bija $r = 0,54$ ($p < 0,001$) starp 2010. un 2012. gada ražu un $r = 0,55$ ($p < 0,001$) starp 2010. un 2013. gada, kā arī starp 2012. un 2013. gada ražu.

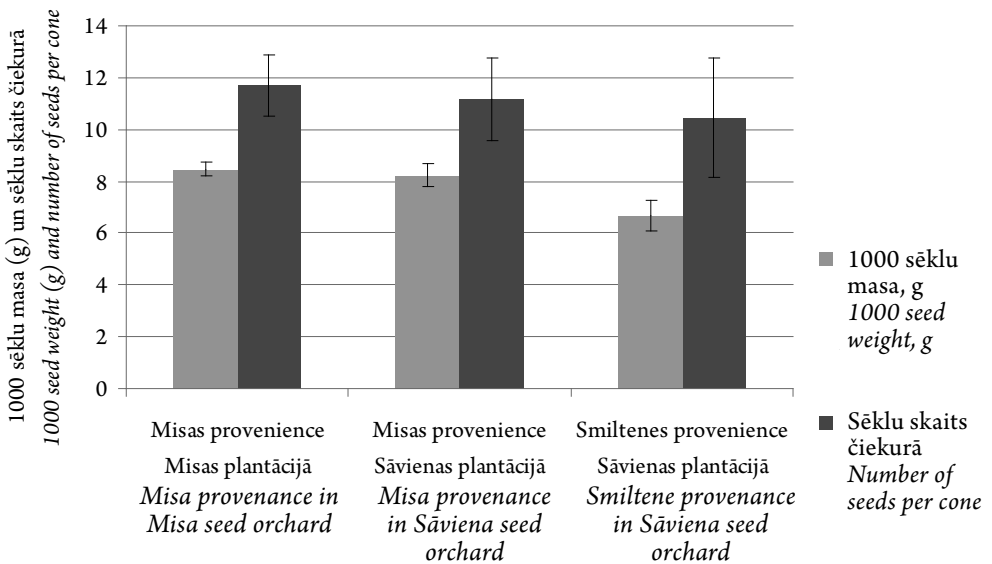
Vidējais sēkļu skaits čiekurā, kas noteikts 2013. gadā ievāktajiem čiekuru paraugiem (144 kloni), bija $11,3 \pm 0,86$; atsevišķiem kloniem tas variēja plašā amplitūdā – no 3 līdz 26 sēklām (3. att.). Netika konstatētas būtiskas šīs pazīmes atšķirības starp abām proveniencēm, kā arī abām sēkļu plantācijām. Vidējā 1000 sēkļu

masa bija $8,1 \pm 0,24$ g (atšķirības starp kloniem 4,5–11,8 g); Mīsas proveniencē abās plantācijās tā būtiski neatšķirās, bet Smiltenes proveniencē (pārstāvēta tikai Sāvienas plantācijā) bija zemāka (3. att.). Vidējā sēkļu dīgšanas spēja (noteikta 47 paraugiem) bija 76 %, bet kloniem robežās no 39 % līdz 95 %. Dīgšanas enerģija, t.i., 7 dienu laikā uzdigušās sēklas procentos no diedzētajām (Zviedre, 1985), analizētajiem paraugiem bija robežās no 1 % līdz 82 %; anormālo dīgstu īpatsvars bija līdz 5 %; nedīgušo sēkļu skaitā konstatēts 0–10 % svaigu sēkļu, 0–26 % nedzīvu, 0–57 % tukšu, 0–1 % izsutušu sēkļu, netika novērotas sēklas bez dīgļiem vai insektu bojātas sēklas (norādīts sēkļu īpatsvars no kopējā diedzēto sēkļu daudzuma).



2. attēls. Misas un Smiltenes provenienču klonu čiekuru garums 2010., 2012. un 2013. gada ražai Sāvienas un Misas plantācijā.

Figure 2. Mean length of cones of Misa and Smiltene provenance clones collected in Sāviena and Misa seed orchards in 2010, 2012 and 2013.



3. attēls. Misas un Smiltenes provenienču klonu 1000 sēkļu masa un sēkļu skaits čiekurā 2013. gada ražai.

Figure 3. Mean 1000 seed weight and number of seeds per cone of Misa and Smiltene provenance clones (seed crop from 2013).

Analizētas arī sakarības starp čiekuru un sēkļu pazīmēm 2013. gada ražai (2. tab., 4. att.). Neatvērušos čiekuru īpatsvaram nav konstatētas statistiski būtiskas sakarības ar čiekuru garumu, 1000 sēkļu masu vai dīgtspēju ($p > 0,05$), bet korelācija ar sēkļu vidējo skaitu čiekurā bija statistiski būtiska un negatīva ($r = -0,28$; $p < 0,01$). Izveidojot sakarību (regresijas vienādojumu) sēkļu skaitam čiekurā saistībā ar čiekuru garumu kloniem ar labu čiekuru atvēršanos (113 kloni, kuriem neatvērušos čiekuru īpatsvars nepārsniedza 10 %), konstatēts, ka salīdzinoši zemākas čiekuru atvēršanās dēļ no čiekura iegūts vidēji par 3,5 sēklām jeb par 30 % mazāks sēkļu skaits. Čiekuru garumam konstatēta pozitīva sakarība ar 1000 sēkļu masu ($r = 0,40$; $p < 0,001$), kā arī ar sēkļu skaitu čiekurā ($r = 0,35$; $p < 0,001$), bet

ne sēkļu dīgtspēju. Konstatēta arī pozitīva būtiska korelācija starp 1000 sēkļu masu un sēkļu dīgtspēju ($r = 0,57$; $p < 0,001$). Sēkļu skaitam čiekurā sakarības ar 1000 sēkļu masu vai dīgtspēju nav konstatētas.

Diskusija

Čiekuru atvēršanās kaltē ir viena no pazīmēm, kas var nozīmīgi ietekmēt gan kopējo no plantācijas iegūstamo sēkļu daudzumu, gan konkrētā klona līdzdalību tajā, tomēr čiekuru atvēršanās pakāpes variācija un saikne ar citām čiekurus un sēklas raksturojošām pazīmēm iepriekšējos pētījumos analizēta maz. A. Zviedre (Zviedre, 1987) novērojusi salīdzinoši lēnu atvēršanos agri (oktobrī) ievāktiem čiekuriem, vienlaikus norādot uz ievērojamu iedzimtības ietekmi uz šo pazīmi. Mūsu pētījumā konstatētās

2. tabula, Table 2

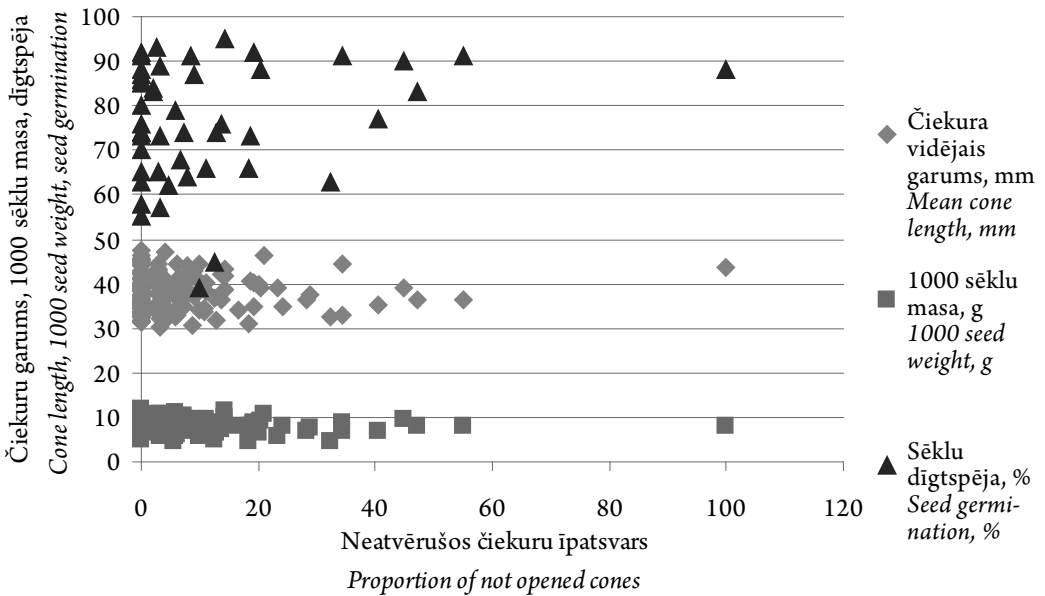
Sakarības starp čiekurus un sēklas raksturojošām pazīmēm
Correlations between the cone and seed traits

Pazīmes <i>Traits</i>	Čiekuru garums <i>Length of cones</i>	1000 sēkļu masa <i>1000 seed weight</i>	Sēkļu skaits čiekurā <i>Number of seeds per cone</i>	Dīgtspēja <i>Germination</i>
Neatvērušos čiekuru īpatsvars <i>Proportion of not opened cones</i>	0,042 ^a 0,618 ^b 144 ^c	-0,060 0,476 144	-0,276 0,001 144	0,230 0,120 47
Čiekuru garums, <i>Length of cones</i>	-	0,404 0,000 144	0,354 0,000 144	0,217 0,143 47
1000 sēkļu masa <i>1000 seed weight</i>	-	-	0,013 0,876 144	0,567 0,000 47
Sēkļu skaits čiekurā <i>Number of seeds per cone</i>				0,240 0,104 47

^a Pīrsona korelācijas koeficients / *Pearson correlation coefficient*,

^b p-vērtība / *p-value*,

^c analizēto pāru skaits / *number of pairs*.



4. attēls. Čiekuru atvēršanās saikne ar citām čiekurus un sēklas raksturojošām pazīmēm klonu vidējo vērtību līmenī.

Figure 4. Relation between opening of cones and other seed and cone traits at clone mean level.

korelācijas koeficientu vērtības starp vienam un tam pašam klonam novēroto neatvērušos čiekuru īpatsvaru divos dažādos gados vienā un tajā pašā plantācijā ($r = 0,16...0,49$), kas raksturo ģenētisko ietekmi, bija pozitīvas, bet ne augstas un ne vienmēr statistiski būtiskas, tādējādi liecinot par citu faktoru nozīmīgo lomu.

Augstāka starpgadu korelācija klonu vidējo vērtību līmenī mūsu pētījumā konstatēta čiekuru garumam ($r = 0,54...0,55$). Arī A. Dreimanis (Dreimanis, 1974) atzīmējis, ka kлона čiekuru relatīvais garums saglabājas gadu no gada, savukārt I. Baumanis u.c. (Baumanis u.c., 2012) konstatējuši būtisku sakarību starp vienu un to pašu klonu čiekuru garumu vairākās sēklu plantācijās

($r = 0,67...0,81$). Tā kā čiekuru garums ir salīdzinoši viegli izmērāma pazīme, tad svarīgi novērtēt tās saikni ar konkrēta kлона sēklu iznākumu noteicošām pazīmēm. Čiekuru garums mainās atkarībā no sēklu ražas gada, kā arī no piederības noteiktam klonam (Dreimanis, 1974). Mūsu pētījumā novērotais kлона vidējais čiekuru garums konkrēta gada (2013. g.) ražai bija robežās no 30 līdz 48 mm. Līdzīgi A. Dreimanis (Dreimanis, 1974), trijās sēklu plantācijās analizējot konkrētu klonu čiekuru pazīmes vairāku gadu ražai, konstatējis, ka klonu čiekuru garums visbiežāk ir robežās no 30 līdz 40 mm, un vienā gadā mazāko un lielāko čiekuru garumu atšķirības starp kloniem bijušas 10–17 mm. A. Zviedre (Zviedre,

1985) novērojusi nozīmīgu vides apstākļu ietekmi uz čiekuru izmēriem (sīki čiekuri atsveķotiem un purvainās vietās augošiem kokiem), tomēr sēklu plantācijās atsevišķiem kloniem pat labos augšanas apstākļos raksturīgi ļoti sīki čiekuri. Mežaudzē Somijā konstatēts vidējais čiekuru garums 30–34 mm (Sarvas, 1962), mežaudzē Polijā (Aniszewska, 2006) čiekuru garums bijis robežās no 28,5 līdz 62,4 mm (vidējais garums 46,0 mm), savukārt Mongolijas ziemeļdaļā vidējais čiekuru garums mežaudzē bijis 41,8 līdz 49,8 mm (Udval, Batkhuu, 2013). Mežaudzē Somijā (Sarvas, 1962), analizējot čiekuru un sēklu pazīmju atšķirības saistībā ar to atrašanās vietu koka vainagā dažādā augstumā, vainaga augšējā trešdaļā, salīdzinājumā ar divām apakšējām trešdaļām, konstatēts lielāks čiekuru garums (attiecīgi 34 mm un 30 mm). Provenienču izmēģinājumā Krievijā konstatēta izcelsmes ietekme – lieluma un masas ziņā pārāki izrādījušies dienvidu provenienču pēcnācēju čiekuri (Шутряев, 2000).

Iepriekšējos pētījumos norādīts, ka čiekuru garums visai nozīmīgi saistīts ar sēklu skaitu čiekurā. A. Dreimanis (Dreimanis, 1974) konstatējis, ka vidējais sēklu skaits čiekurā vairākās sēklu plantācijās dažādos gados svārstījies robežās no 18 līdz 28. Līdzīgi arī A. Zviedre (Zviedre, 1985) atzīmē, ka visbiežāk sastopami kloni ar 20–30 sēklām čiekurā, bet atsevišķiem kloniem rādītājs variējis no 6–10 līdz 37–40 sēklām čiekurā, bet Zviedrijā (Yazdani *et al.*, 1995) priēžu sēklu plantācijā konstatētas vidēji 9,3–21,8 sēklas čiekurā. Sēklu plantācijā Turcijā 13 gadu vecumā vidējais pilngraudaino un tukšo sēklu skaits čiekurā bijis attiecīgi 11,6 un 15,0 (Siva-

ciogļu, Ayan, 2008). Savukārt Zviedrijas dienviddaļā priēdei brīvapputes rezultātā izveidojušos sēklu vidējais skaits čiekurā bijis 15–20, atsevišķiem novērojumiem – robežās no 4 līdz 32 (Johnsson *et al.*, 1953). Mūsu pētījumā konstatētais vidējais sēklu skaits vienā čiekurā (starp kloniem 3–26) bijis samērā zems salīdzinājumā ar citu autoru novēroto, iespējams, metodisku atšķirību dēļ, jo parasti pētījumos pielietoti dažādi paņēmieni, lai no katra čiekura iegūtu visas pilngraudainās sēklas, kamēr mēs uzskaitījām tikai tās, kas iegūstamas standarta kaltēšanas rezultātā. A. Dreimanis (Dreimanis, 1974) konstatējis, ka kloniem relatīvais sēklu skaits čiekurā saglabājas gadu no gada, un šī pazīme norāda uz augstu ģenētisko nosacītību. Klona robežās lielākam čiekuru garumam atbilst lielāks sēklu skaits tajā, bet kloniem ar lielu čiekuru garumu var būt arī neliels sēklu skaits čiekurā. Mūsu pētījumā starp šīm pazīmēm konstatēta samērā zema, tomēr pozitīva un būtiska korelācija. Mežaudzē Somijā (Sarvas, 1962) vainaga augšējā trešdaļā, salīdzinājumā ar divām apakšējām trešdaļām, noteiktais lielākais sēklu skaits skaidrots ar lielākiem čiekuriem šajā vainaga daļā. F. Prešers u.c. (Prescher *et al.*, 2005), atsaucoties uz iepriekšējiem pētījumiem, norādījuši, ka plantācijās čiekuri un sēklas ir smagāki, bet ne visos gadījumos sēklu čiekurā būs vairāk. Vairāki autori atzīmē vides faktoru nozīmi: izšķiroša ietekme uz sēklu iznākumu (īpaši pilngraudainību) ir putekšņu fonam (Sarvas, 1962; Dreimanis, 1974); novērots arī, ka, radot audzes kokiem līdzīgus apstākļus kā plantāciju kokiem, to sēklu ražošana ir līdzīga (Prescher *et al.*, 2005). A. Dreimanis (Dreimanis, 1974) akcentējis nepieciešamību ievākt sēklas

arī no salīdzinoši mazus čiekurus ražojošiem kloniem, jo to pēcnācēji var būt ātraudzīgi un apveltīti ar citām vērtīgām īpašībām. Sēklas atšķiras pēc lieluma, ko raksturo 1000 sēklu masa. Šī pazīme, salīdzinājumā ar sēklu skaitu no rameta, mazākā mērā ietekmē klona līdzdalību plantācijā iegūtā sēklu materiāla ražošanā (Bilir *et al.*, 2008). Tomēr 1000 sēklu masai ir praktiska nozīme – lielāka sēklu masa saistīta ar labāku saglabāšanos un lielākām sējeņu augšanas parametru vērtībām pirmajos gados (Mangalis, 1971; Castro, 1999; Biril *et al.*, 2008). Parasti sīkas sēklas ir kloniem ar sīkiem čiekuriem (Zviedre, 1985); mūsu pētījumā korelācija starp 1000 sēklu masu un čiekuru garumu bija pozitīva un statistiski būtiska. Polijā, analizējot čiekuru un sēklu pazīmes mežaudzē ievāktam materiālam, konstatēts, ka garākiem čiekuriem bijusi arī lielāka 1000 sēklu masa (Aniszewska, 2006). Latvijā I. Baumanis u.c. (Baumanis u.c., 2012) konstatējuši būtisku sakarību starp vienu un to pašu klonu 1000 sēklu masu divās vienāda vecuma sēklu plantācijās ($r = 0,69$); šajās plantācijās novērota arī vidēji cieša sakarība starp čiekuru parametriem (garums, platums) un 1000 sēklu masu ($r_{0,05} = 0,4-0,6$). Lai gan 1000 sēklu masa visumā ir raksturīgs klona rādītājs, tomēr to ietekmē meteoroloģiskie un edafiskie apstākļi sēklu attīstības laikā un vietā, tāpēc absolūtās vērtības atsevišķos ražas gados un plantācijās ir mainīgas, un šī rādītāja salīdzināšanai starp kloniem izmantojama tikai vienas plantācijas viena gada raža (Dreimanis, 1974; Zviedre, 1981). Mūsu pētījumā vidējā 1000 sēklu masa bija 8,1 g (kloniem: 4,5–11,8 g), bet I. Baumaņa u.c. (Baumanis u.c., 2012) pētījumā 18 kloniem divās plantācijās vidējā 1000 sēklu masa bijusi

7,9 g (kloniem 6,6–10,0 g). A. Dreimaņa (Dreimanis, 1974) trijās plantācijās novērotā 1000 sēklu masa vairāku gadu ražai noteiktiem kloniem bijusi no 5,29 līdz 6,55 g. Lielākam sēklu skaitam čiekurā atbildešas sēklas ar mazāku 1000 sēklu masu; savukārt mūsu pētījumā sakarība starp šīm pazīmēm netika konstatēta. A. Zviedres (Zviedre, 1981) apkopotie dati liecina, ka visās Latvijas čiekuru kaltēs no 1972. līdz 1979. gadam mežaudzēs iegūto sēklu vidējā 1000 sēklu masa bijusi robežās no 5,51 līdz 6,07 g, bet no plantācijām – 6,18 līdz 7,32 g, turklāt plantāciju sēklas katru gadu bijušas smagākas par audzēs ievāktajām. Vēl lielāka atšķirība novērota vienas plantācijas dažādu gadu ražai; 1000 sēklu masas svārstības skaidrojamas ne tikai ar klimatiskajiem apstākļiem ražas gadā, bet arī ar lielāku vai mazāku atsevišķu klonu īpatsvaru kopējā sēklu masā. Apkopojot datus par 1000 sēklu masu priedei laika periodā no 1952. gada līdz 1980. gadam (Zviedre, Dzintare, 1982; Zviedre, 1985), konstatēts, ka vidējā ilggadējā 1000 sēklu masa bijusi 5,80 g, plantāciju sēklas bijušas vidēji par 20 % smagākas nekā mežaudžu. Novērots, ka ne vienmēr vieglākās bijušas bagātāko ražas gadu sēklas. Sēklu masu (rupjumu) ietekmē ne vien meteoroloģiskie apstākļi sēklu nobriešanas laikā, bet arī periodiskās svārstības (cikliskums) – parasti priežu sēklas bijušas rupjākas katru ceturto gadu un gadam ar rupjām priežu sēklām tūlīt seko gads ar sevišķi smalkām. Daudzās plantācijās vienādos augšanas apstākļos sastopami kloni ar sevišķi rupjām un kloni ar sevišķi smalkām sēklām, atšķirībai sasniedzot gandrīz 2 reizes (Zviedre, Dzintare, 1982). Zviedrijā, analizējot plantācijās

30 gadu vecumā ievākto ražu, vidējā sēklas masa bijusi aptuveni 5,5 mg (Prescher *et al.*, 2005). Šajā valstī kopumā (aptverot ziemeļdaļu, vidusdaļu un dienviddaļu), laika periodā no 1973. līdz 1988. gadam, vidējā sēklas masa plantācijās bijusi 6,18 mg, bet mežaudzēs – 3,82 mg, ko autori galvenokārt skaidro ar labākiem augšanas apstākļiem plantācijās. Sēklu plantācijā Turcijā 13 gadu vecumā (Sivacioğlu, Ayan, 2008) noteiktā vidējā 1000 sēklu masa bijusi 10,9 g (kloniem robežās no 8,6 g līdz 13,2 g), bet N. Bilirs u.c. (Bilir *et al.*, 2008), analizējot čiekuru un sēklu īpašības sēklu plantācijās šajā valstī, konstatējuši nozīmīgu vides un vecuma faktoru ietekmi uz sēklu masu; vidējā vienas sēklas masa šajās plantācijās bijusi 11,1 mg. Pētījumos konstatēta barības vielu pieejamības ietekme: slāpekļa, kālija un fosfora koncentrācija skujās pozitīvi būtiski korelējusi ar vidējo 1000 sēklu masu (Karlsson, Örlander, 2002). Somijas dienviddaļas plantācijā konstatēta sēklu masa dažādiem kloniem dažādos gados variējusi nedaudz un bijusi robežās no 4,9 līdz 6,2 mg (Nygren, Pulkkinen, 1994).

Sēklu iznākumu nozīmīgi ietekmē to pilngraudainība, kas dažādu autoru pētījumos bijusi 44–75 % robežās (Sarvas, 1962; Dreimanis, 1974; Bilir *et al.*, 2008; Sivacioğlu, Ayan, 2008), kā arī plantācijā pārstāvēto klonu fenoloģiskās īpatnības, putekšņu apjoms (tādējādi arī plantācijas vecums), meteoroloģiskie apstākļi ziedēšanas laikā (Sarvas, 1962; Laura, Bērziņa, 1978; Zviedre, 1985; Bilir *et al.*, 2008). Tomēr ne visas nobriedušās, pilngraudainās un

ārēji veselās sēklas spēj uzdīgt – nedīgstošu sēklu īpatsvars priecai gan ir neliels un reti pārsniedz 5 % (Zviedre, 1985). Laika periodā no 1968. līdz 1970. gadam sēklu absolūtā dīgtspēja (uzdīgušo sēklu skaita attiecība pret pilngraudaino sēklu skaitu) plantācijās mainījusies no 82 līdz 94,5 % (Dreimanis, 1974). S.K. Kamras (Kamra, 1972) pētījumā norādītā dažādās vietās augušo prieku audžu sēklu dīgtspēja (Itālija, Spānija, Vācija, Šveice, Zviedrija, 37°–59° Z pl. un 40–1750 m v.j.l.) dažādos sēklu ražas gados (1961–1970) bijusi robežās no 63 % līdz 99 %. Mūsu pētījumā sēklu dīgtspēja (t.i., tehniskā dīgtspēja – uzdīgušo sēklu skaita attiecība pret visu diedzēto sēklu skaitu) vidēji bijusi 76 % (atsevišķiem kloniem robežās no 39 % līdz 95 %) un raksturojama kā samērā zema. Iespējams, ka dīgtspēja samazinājusies īslaicīgu, sēklu uzglabāšanai nelabvēlīgu apstākļu ietekmē. Arī citi autori norādījuši, ka nepareizi uzglabājot čiekurus un sēklas, to dīgtspēja samazinās (Kamra, 1969; Zviedre, 1985). Turklāt pētījumos minēts (Tillman-Sutela, Kauppi, 2014), ka sēklas segaudu veidošanās un dīgļa nobriešana notiek samērā neatkarīgi; dīgļa attīstību nozīmīgi ietekmē temperatūra, bet segaudu nobriešanu – gaisma. Starp atsevišķu klonu sēklu absolūto dīgtspēju būtiskas atšķirības nav konstatētas (Dreimanis, 1974). I. Mangalis (Mangalis, 1971) norādījis, ka sēklu dīgtspēja nav saistāma ar 1000 sēklu masu, bet mūsu pētījumā starp šīm pazīmēm konstatēta pozitīva, statistiski būtiska sakarība.

Secinājumi

1. Klonu ģenētiskās īpašības nozīmīgi ietekmē čiekurus un sēklas raksturojošās pazīmes, kas nosaka atsevišķu klonu reālo līdzdalību sēklu plantācijas ražas veidošanā.
2. Konstatēta būtiska klona ietekme uz čiekuru atvēršanās pakāpi ($p < 0,001$). Korelācijas koeficientu vērtības viena un tā paša klona neatvērušos čiekuru īpatsvaram divos dažādos novērojumu gados (katrā plantācijā atsevišķi) bija pozitīvas, bet ne augstas un ne visos gadījumos statistiski būtiskas ($r = 0,16...0,49$).
3. Sēklu kvalitāti raksturojošās pazīmes noteiktas viena gada ražai: vidējais sēklu skaits čiekurā, kas iegūts standarta kaltēšanas rezultātā, bija $11,3 \pm 0,86$ (kloniem 3–26); vidējā 1000 sēklu masa – $8,1 \pm 0,24$ g (4,5–11,8 g); sēklu dīgtpēja – vidēji 76 % (39 %–95 %).
4. Netika konstatētas statistiski būtiskas neatvērušos čiekuru īpatsvara sakarības ar čiekuru garumu, 1000 sēklu masu vai dīgtpēju ($p > 0,05$), bet korelācija ar sēklu skaitu čiekurā bija statistiski būtiska un negatīva ($r = -0,28$; $p < 0,01$).
5. Vidējais čiekuru garums trīs gadu ražai bija $37,9 \pm 0,65$ mm. Šai pazīmei konstatēta pozitīva korelācija ar 1000 sēklu masu ($r = 0,40$; $p < 0,001$), kā arī ar sēklu skaitu čiekurā ($r = 0,35$; $p < 0,001$), bet ne sēklu dīgtpēju. Konstatēta arī pozitīva būtiska korelācija ($r = 0,57$; $p < 0,001$) starp 1000 sēklu masu un sēklu dīgtpēju. Netika konstatētas sēklu skaita čiekurā sakarības ar 1000 sēklu masu vai dīgtpēju.

Pateicība: pētījums veikts projekta «Meža koku adaptācijas potenciāls un tā paaugstināšanas iespējas» (No. 454/2012) ietvaros.

Literatūra

- Andersson, E., Hattemer, H.H.** (1978). Variation among clones and ortet-ramet relationship in grafted Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Studia Forestalia Suecica* 148: 31 p.
- Aniszewska, M.** (2006). Connection between shape of pine (*Pinus sylvestris*) cones and weight, colour and number of seeds extracted from them. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 9(1) [www dokumenti]. – URL <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue1/art-03.html> [skatīts 2014. gada 20. februārī].
- Baumanis, I., Veinberga, I., Ļubinskis, L., Ruņģis, D., Jansons, Ā.** (2012). Parastās priedes (*Pinus sylvestris* L.) plantāciju sēklu kvalitāte un ģenētiskā daudzveidība mainīgos vides apstākļos. *Mežzinātne* 26: 74–87.
- Bilir, N., Prescher, F., Lindgren, D., Kroon, J.** (2008). Variation in cone and seed characters in clonal seed orchards of *Pinus sylvestris*. *New Forests* 36: 187–199.
- Castro, J.** (1999). Seed mass versus seedling performance in Scots pine: a maternally dependent trait. *New Phytologist* 144: 153–161.
- Danusevičius, J.** (1987). Flowering and seed production of clones and their stimulation in seed orchards. *Forest Ecology and Management* 19: 233–240.

- Dreimanis, A.** (1973). Čiekuru ražas dažās priežu sēkļu plantācijās. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība* 3: 13–16.
- Dreimanis, A.** (1974). Sēkļu ražas raksturojums priežu sēkļu plantācijās. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība* 2: 36–39.
- Dreimanis, A.** (1991). Parastās priedes sēkļu ražošanas īpatnības sēkļu plantācijās. / Vispasaules Latviešu zinātnu kongress. Ekoloģija un mežzinātne, ģeozinātne: referātu tēzes, Latvija, 1991. gada. 12.–17. jūlijs. Rīga: 4. sēj., 20. lpp.
- Johnsson, H., Kiellander, C.L., Stefansson, E.** (1953). Cone development and seed quality on Pine grafts. *Svenska Skogsv. Fören Tidskr.* 51: 358–389.
- Kamra, S.K.** (1969). Investigations on the suitable germination duration for *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seed. *Studia Forestalia Suecica* 73: 16 p.
- Kamra, S.K.** (1972). Comparative studies on germinability of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seed by the indigo carmine and x-ray contrast methods. *Studia Forestalia Suecica* 99: 21 p.
- Karlsson, C., Örlander, G.** (2002). Mineral nutrients in needles of *Pinus sylvestris* seed trees after release cutting and their correlations with cone production and seed weight. *Forest Ecology and Management* 166: 183–191.
- Kroon, J., Prescher, F., Wennström, U., Lindgren, D.** (2007). Cone set over time for different clones in a seed orchard. In: Precher, F. *Seed orchards – genetic considerations on function, management and seed procurement: doctor's dissertation*. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences, pp. 119–140.
- Laura, M., Bērziņa, A.** (1978). Čiekuru ražas zudumi un pilno sēkļu iznākums priežu sēkļu plantācijās. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība* 4: 3–6.
- Mangalis, I.** (1971). *Meža kultūras*. Rīga: Zvaigzne, 586 lpp.
- Matías, L., Jump, A.S.** (2012). Interactions between growth, demography and biotic interactions in determining species range limits in a warming world: The case of *Pinus sylvestris*. *Forest Ecology and Management* 282: 10–22.
- Mikola, J.** (1987). Effects of fertilizer and herbicide application on the growth and cone production of Scots pine seed orchards in Finland. *Forest Ecology and Management* 19: 183–188.
- Nygren, M., Pulkkinen, M.** (1994). Seed mass growth in two *Pinus sylvestris* clones. *Reports from the Foundation for Forest Tree Breeding* 9: 11 p.
- Prescher, F., Lindgren, D., Wennström, U., Almqvist, C., Routsalainen, S., Kroon, J.** (2005). Seed production in Scots pine seed orchards. In: Fedorkov, A. (ed.). *Proceedings of the meeting of Nordic forest tree breeders and forest geneticists. Status, monitoring and targets for breeding programs, Syktyvkar, 2005*. Syktyvkar: pp. 65–71.
- Sarvas, R.** (1962). Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 53: 198 p.
- Savolainen, O., Kärkkinen, K., Harju, A., Nikkanen, T., Rusanen, M.** (1993). Fertility

variation in *Pinus sylvestris*: a test of sexual allocation theory. *American Journal of Botany* 80: 1016–1020.

- Sivacioğlu, A., Ayan, S.** (2008). Evaluation of seed production of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clonal seed orchard with cone analysis method. *African Journal of Biotechnology* 7: 4393–4399.
- Tillman-Sutela, E., Kauppi, A.** (2014). Maturity of surface structures in northern *Pinus sylvestris* L. seeds: A key to improved prediction of germination potential. *Flora* 209: 45–53.
- Udval, B., Batkhuu, N.-O.** (2013). Seed and cone characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from diverse seed sources in northern Mongolia. *Eurasian Journal of Forest Research* 16(1): 57–62.
- Yazdani, R., Lindgren, D., Seyedyazdani, F., Pascual, L., Eriksson, U.** (1995). Flowering, phenology, empty seeds and pollen contamination in a clonal seed orchard of *Pinus sylvestris* in Northern Sweden. In: Adams, W.T., Muller-Starck, G. (eds). *Population genetics and genetic conservation of forest trees*. Amsterdam: Academic publishing, pp. 309–319.
- Zviedre, A.** (1981). Sēklu raža priežu plantācijās. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība* 1(81): 3–5.
- Zviedre, A.** (1985). *Priedes un egles sēklu saimniecība Latvijas PSR. Apskats*. Rīga: LatZTIZPI, 48 lpp.
- Zviedre, A.** (1987). Pārdomas pēc 1985. gada priežu čiekuru ražas ievākšanas. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība* 6(116): 3–5.
- Zviedre, A.** (1988). Latvijas sēklu plantācijas. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība* 3(125): 20–22.
- Zviedre, A., Dzintare, A.** (1982). Priedes un egles sēklu rupjums atkarībā no dažiem faktoriem. *Mežsaimniecība un Mežrūpniecība* 88: 18–21.
- Шутяев, А.** (2000). Рост климатипов сосны обыкновенной в испытательных культурах трех поколений. / *Генетическая оценка исходного материала в лесной селекции: сборник научных трудов*. Воронеж: Научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции, с. 83–101.