

Malas ietekmes novērtējums uz stādītas egles augšanu dažāda lieluma audzes atvērumos

Leonīds Zdors^{1}, Jānis Donis¹*

Zdors, L., Donis, J. (2012). Evaluating edge effect on the growth of spruce planted in different size gaps. *Mežzinātne* 26(59): 20-40.

Kopsavilkums. Latvijā pēdējā laikā aktuāls ir jautājums par optimālo atvēruma lielumu, veicot grupu pakāpeniskās vai izlases cirtes. Izlases cirtes parasti izmanto platībās, kur aizliegtas kailcirtes vai arī mežu masīvos ar lielu pieaugušo audžu īpatsvaru, kā arī privātajos mežos.

Pētījuma mērķis – noskaidrot mežaudzes atvēruma malas ietekmi uz stādītu egļu augšanu dažāda lieluma audzes atvērumos.

Pētījums veikts 2 objektos, aptuveni 100-gadīgās priežu mistraudzēs, lāna-damakšņa meža tipos, kur izcirsti dažāda izmēra taisnstūrveida atvērumi (10 × 10 m līdz 40 × 40 m). Daļa no atvērumu platības apstādīta ar egli. Datu analīzei izmantota daudzfaktoru dispersijas analīze, nosakot kociņu 4 gadu summāro augstuma pieaugumu, kā arī caurmēru pie sakņu kakla vienā no objektiem.

Konstatēts, ka attālums līdz audzes atvēruma malai, atvēruma lielums un sākotnējais kociņu augstums egles izdzīvošanu 4 gadus pēc iestādīšanas būtiski neietekmē (p-vērtība >0,05). Lielākajos atvērumos (20 × 40 m un 40 × 40 m) 1 m attālumā no atvēruma malas augošiem kociņiem ir būtiski (p-vērtība <0,05) mazāki augstuma pieaugumi nekā 3 m attālumā augošajiem; savukārt mazākos atvērumos (10 × 10 m un 20 × 20 m) vienā no objektiem tie ir būtiski atšķirīgi, bet otrā objektā – nebūtiski. 20 × 40 AR, 20 × 40 ZD un 40 × 40 m atvērumos 9 m attālumā no atvēruma malas kociņiem konstatēts lielākais augstuma pieaugums. Novērota tendence, ka malas ietekme uz egles augšanu novērojama līdz 8 m no atvēruma malas. Konkrētā attālumā no malas kociņu augstuma pieaugums lielākajos atvērumos nav ievērojami lielāks. Nav novērotas atšķirības egles augšanā 4 gadus pēc iestādīšanas 20 × 40 m atvērumos, ja garākā izcirtuma mala izvietota A–R vai Z–D virzienā.

Nozīmīgākie vārdi: dažāda lieluma audzes atvērumi, malas ietekme, stādītas egles augšana.

•••

Zdors, L.^{2*}, Donis, J.² **Evaluating edge effect on the growth of spruce planted in different size gaps.**

Abstract. Issue of the optimum size of gaps made in forest stand in group shelterwood

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

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

* e-mail: leonids.zdors@silava.lv

or selection cuttings has of late assumed importance for Latvian foresters. Usually, selection cuttings are practiced in forest tracts where clear-fells are forbidden or there is a high proportion of mature stands, as well as in private holdings.

The objective of the given study is to evaluate the impact of edge effect on the growth of spruce planted in the gap cleared.

The study was carried out on two forest areas in about a 100-year-old mixed stands of pine of Ln *Myrtillosa* and Dm *Hylocomiosa* forest types ($h_{\text{mean}} = 25.8$ and 29.5 m), where rectangular gaps of different sizes – 10×10 m, 20×20 m, 20×40 m (with the longest side arranged in the N–S or E–W direction), and 40×40 m were made. Spruce was planted on separate plots of the respective gap. The plants were arranged in a square pattern of 2×2 m, so the distance from the gap edge was known for each tree planted.

For performance analysis of planted spruces the sum of the tree growth in height over a period of four years as well as the tree diameter at the root collar in one of the test sites are used. The test site, gap size, initial tree height, and distance from the closest gap edge as the factors affecting the results of multifactor dispersion analysis were checked. When checking the factors significantly affecting multifactor analysis both the initial tree height and the growth in height over four years after planting were found to significantly differ between the sites under study. That is why further analyses were made for each study area separately.

The distance from the gap edge, gap size, and the initial tree height were found to have no significant impact on spruce survival over four years after planting (p value > 0.05). In the Kalsnava sites the survival rate in four years after planting is 90.4 %, while in Mežole – 84.4 %.

In bigger gaps (20×40 m and 40×40 m) the trees at the distance of 1 m from the gap edge show significantly lower growth in height (p value < 0.05) compared to the trees 3 m away from the gap edge, while in case of smaller gaps (10×10 m and 20×20 m) this difference is significant for one test site and insignificant for another. For the distances from gap edge between 3 m and 9 m the growth in height and root collar diameter are increasing for each distance evaluated. However, these differences are significant only for a part of the sites studied, and this tendency varies between individual test sites. As one of the reasons for inconsistency in the growth in height for different sites could be the significant difference (p value < 0.05) for the initial parameters of the trees planted at the Kalsnava and Mežole areas ($h_{\text{mean}} = 27.1 \pm 0.6$ cm and 35.1 ± 0.6 cm, respectively). For the gaps of 20×40 m E–W, 20×40 m N–S and 40×40 m the trees show the highest growth in height at the distance of 9 m from the gap edge. For the gaps of 40×40 m at the distance above 9 m from the gap edge the growth in height is varying which could be explained by the adverse impact of competing vegetation (not considered in detail in this study). The overall tendency observed is that the edge effect is observed up to the distance of 8 m from the gap edge.

In all the sites the stem diameter regardless of the gap size is increasing along with an increase of the distance from the gap edge. As regards the growth in height at specified

distances from the edge, the gap size has no significant effect on it. At Mežole, in the gaps of 40 × 40 m the tree collar diameter is higher at specified distances from the gap edge.

The performance of spruce in 20 × 40 m gaps with their longest side oriented in the E–W or N–S direction does not significantly differ in four years after planting.

Key words: gaps of different size, edge effect, growth of planted spruce.

...

Здорс, Л.^{3*}, Донис, Я.³. **Оценка влияния обочины на рост посаженной ели в различных по величине прогалинах насаждения.**

Резюме. В Латвии актуальным является вопрос об оптимальной величине прогалин при групповых постепенных и выборочных рубках. Выборочные рубки обычно используются на площадях, где запрещены сплошные рубки или в лесных массивах с большим удельным весом спелых насаждений, а также в частных лесах.

Цель исследования – выяснить влияние обочины прогалин на рост посаженной ели в различных по величине прогалинах лесонасаждения.

Исследования проведены в сосновых насаждениях в двух объектах, где вырубались прямоугольные и различные по величине прогалины (10 × 10 м до 40 × 40 м). Часть площадей прогалин обсажена елью. Для анализа данных использован суммарный прирост по высоте 4-годичных деревьев, а также диаметр у корневой шейки деревьев в одном из объектов.

Констатировано, что расстояние до обочины прогалины, величина прогалины и начальная высота деревьев не имеет существенного влияния ($p > 0,05$) на выживание ели 4 года после её посадки. В более обширных прогалинах (20 × 40 м и 40 × 40 м) у деревьев, растущих на расстоянии 1 м от обочины прогалины прирост по высоте существенно ниже ($p < 0,05$) чем у деревьев растущих на расстоянии 3 м, в свою очередь в более меньших прогалинах (10 × 10 м и 20 × 20 м) прирост по высоте в одном объекте различается существенно, но во втором объекте – несущественно. В прогалинах 20 × 40 ВЗ, 20 × 40 СЮ и 40 × 40 м у деревьев, растущих на расстоянии 9 м от обочины прогалины, прирост по высоте самый высокий. Наблюдается тенденция, что эффект влияния обочины на рост ели распространяется до 8 м от обочины прогалины. На конкретном расстоянии от обочины прогалины прирост по высоте у деревьев в более обширных прогалинах не является значительно большим. Не наблюдались различия в росте ели 4 года после посадки в прогалинах 20 × 40 м, при расположении самой длинной обочины вырубki в направлениях Восток – Запад или Север – Юг.

Ключевые слова: прогалины насаждения с различной величиной, эффект влияния обочины, рост посаженной ели.

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

Ievads

Latvijā pēdējā laikā aktuāls ir jautājums par optimālo atvēruma lielumu, veicot grupu pakāpeniskās vai izlases cirtes. Izlases un pakāpeniskās cirtes parasti izmanto platībās, kur aizliegtas kailcirtes vai arī mežu masīvos ar lielu pieaugušo audžu īpatsvaru, kā arī privātajos mežos.

Grupu pakāpenisko ciršu pielietošana ļauj atrisināt vairākas dabas aizsardzības problēmas, kas saistītas ar kailcirtēm, piemēram, cirtes platībā visu laiku tiek saglabāta meža vide, kā arī daļa no administratīvajām un mežkopības priekšrocībām salīdzinājumā ar izlases cirtēm. Jāatzīmē, ka Latvijā spēkā esošie normatīvie akti pamatā veidoti kailciršu saimniecībai.

Mala, šī pētījuma izpratnē, saprotama kā robeža starp atvērumu, kas radies izcērtot koku grupu, un neskarto audzes daļu, kas piekļaujas atvērūmam. Savukārt malas ietekme – kā ar vides gradientu saistīts ekoloģisks fenomens, kas rodas gar atvēruma robežu un iestiepjas pieguļošajās ekosistēmās (neskartajā un izcirstajā audzes daļā) (atbilstoši Chen *et al.*, 1992).

Zinātnieki, kuri pēta audzes atvēruma malas ietekmi uz atvērumiem vainagu klājā, parasti pievēršas galvenokārt problēmām, kas saistītas ar sugu daudzveidību vai dabiskās atjaunošanās norisi, atvērumus vērtējot dabisko traucējumu kontekstā (Sipe, Bazzaz, 1994; Gray, Spies, 1996). Lai gan šo pētījumu rezultāti palīdz mežkopjiem pilnveidot dabiskus traucējumus imitējošas metodes, tomēr tie sniedz tikai nelielu daļu no informācijas par malas ietekmi uz

atjaunošanās norisi mākslīgi veidotos audzes atvērumos, kādi rodas pēc grupu pakāpeniskās cirtes veikšanas.

Šajā ziņā viens no lielākajiem nezināmajiem ir zaudējumi, kas rodas, samazinoties kociņu augšanai saistībā ar malas ietekmi nelielos audzes atvērumos (Laacke, Fiske, 1983; Dale *et al.*, 1995). Šīs problēmas risināšanai daudzi pētījumi, kas balstīti uz mākslīgi izveidotiem audzes atvērumiem, ir orientēti piemērota (parasti minimālā) atvēruma lieluma noteikšanai, lai sasniegtu meža apsaimniekošanas mērķus – sekmīgu dabisko atjaunošanos un vēlamo koku sugu augšanu atvērumos (McDonald, Abbot, 1994; Gray, Spies, 1996; Malcolm *et al.*, 2001; Page, Cameron, 2006; Donis, 2007; Donis, 2008; Rouvinen, Kouki, 2011). Intensīvāk apsaimniekotos mežos pētījumi veikti, lai noskaidrotu atvēruma lieluma un stādīto kociņu atrašanās vietas atvērumā ietekmi uz to izdzīvošanu un augšanu (Palik *et al.*, 1997; Coates, 2000; Gagnon *et al.*, 2003; York *et al.*, 2003; York *et al.*, 2004; Donis, 2008; Kern *et al.*, 2012). Tomēr joprojām nav skaidrs jautājums par optimālo atvēruma lielumu dažādām koku sugām, tostarp eglei, grupu pakāpeniskajās cirtēs dažādmērķu mežkopībā pat šķietami daudz pētītās mežu ekosistēmās (York *et al.*, 2004). Ideālā gadījumā mežkopis varētu izvēlēties audzes atvēruma lielumu, zinot optimālos augšanas apstākļus konkrētajai koku sugai un tādējādi ietekmējot turpmāko audzes sugu sastāvu (Messier *et al.*, 1999).

Latvijā pakāpeniskās un izlases cirtes plašāk ir pētītas pagājušā gadsimta vidū (Kundziņš, 1949; Zviedris, 1949b; Суха, 1957; Sūna, 1958; Zviedris, 1960;

Igaunis, 1960; Igaunis, 1961), kā arī nesenā pagātnē saistībā ar Zemkopības ministrijas Meža attīstības fonda pasūtīto un LVMI Silava veikto pētījumu „Nekailciršu meža apsaimniekošanas modeļa izstrāde” (Donis, 2008). Šī projekta ietvaros galvenokārt skaidrota audzes atvēruma lieluma un malas ietekme uz dabiskās atjaunošanās norisi, nedaudz pieskaroties arī mākslīgi atjaunotu kociņu augšanai (Donis, 2006; Donis, 2007; Donis, 2008).

Mūsu pētījuma mērķis – noskaidrot mežaudzes atvēruma malas ietekmi uz stādītu egļu augšanu dažāda lieluma audzes atvērumos.

Hipotēze – dažāda izmēra un konfigurācijas audzes atvērumos, palielinoties attālumam no mežaudzes atvēruma malas, stādītu egļu augšana notiek dažādi.

Materiāls un metodika

Lauka darbu metodika

Pētījums veikts 2 objektos Meža pētīšanas stacijas (MPS) Kalsnavas mežu novadā (turpmāk tekstā – Kalsnavas objekts) un MPS Mežoles mežu novadā (turpmāk tekstā – Mežoles objekts) teritorijā, kur izcirsti dažāda izmēra taisnstūrveida atvē-

rumi Zemkopības ministrijas Meža attīstības fonda pasūtītā un LVMI Silava veiktā pētījuma „Nekailciršumeža apsaimniekošanas modeļa izstrāde” ietvaros (Donis, 2008). Abi objekti atrodas 98-104 gadus vecās priežu audzēs (Kalsnava – 8P2E; Mežole – 6P2B2E) lāna-damakšņa meža tipos (1. tab.).

Objekti ierīkoti 2005. gadā, sākotnēji izveidojot 40 × 40 m kvadrātu tīklu visā nogabalā un audzes raksturošanai kvadrātu vidū uzmērot apļveida parauglaukumus ar rādiusu 12,62 m. 2006.-2007. gada ziemā iezīmēti un izcirsti dažāda izmēra taisnstūrveida atvērumi 10 × 10 m; 20 × 20 m; 20 × 40 m (garāko malu izvietojot Z–D vai A–R virzienā, turpmāk tekstā 20 × 40 ZD un 20 × 40 AR) un 40 × 40 m tā, lai starp izcirstajiem atvērumiem būtu vismaz 20 m platas necirstas starpjoslās (izņemot 10 × 10 m atvērumiem, kur mazākais attālums starp atvērumiem ir 10 m). Kalsnavas objektā 2008. gada pavasarī izcirstie atvērumi sadalīti 10 × 10 m kvadrātos, un daļa no iezīmētajiem kvadrātiem apstādīti ar egles kailsakņu stādiem ($h_{\text{vid}} = 27,1 \pm 0,6$ cm; $h_{\text{min}} = 8$ cm; $h_{\text{max}} = 65$ cm), stādīšanu izdarot iešķēlumā nesagatavotā augsnē; 10 × 10 m atvērumos apstādīts viss at-

1. tabula / Table 1

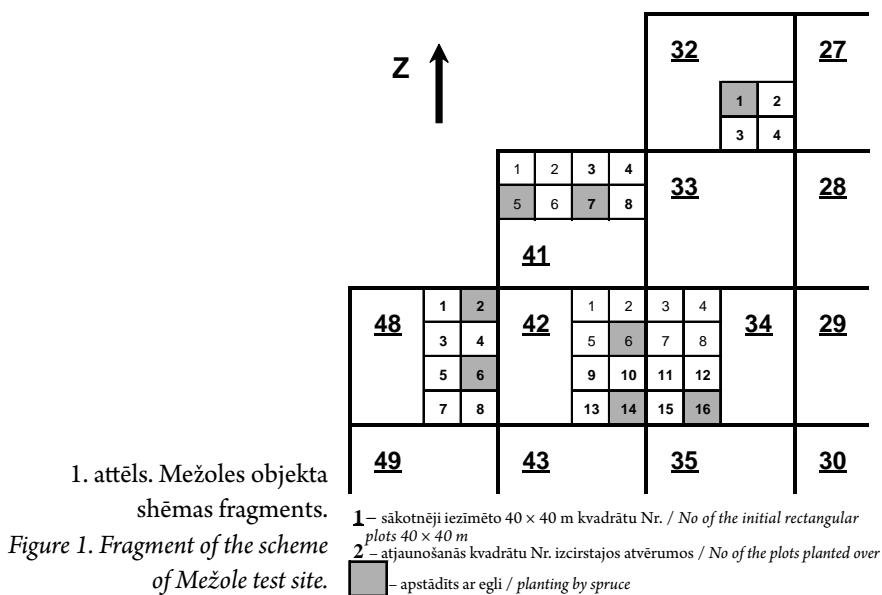
Kokaudzes I stāva raksturojums objektos
Stand overstorey in test sites

Objekts <i>Test site</i>	Meža tips <i>Forest type</i>	Sastāvs <i>Species composition</i>	Vecums, gadi <i>Age, years</i>	Vid. caurmērs, cm <i>Mean diameter, cm</i>	Vid. augstums, m <i>Mean height, m</i>	Šķērs- laukums, m ² ha ⁻¹ <i>Basal area, m² ha⁻¹</i>	Krāja, m ³ ha ⁻¹ <i>Stock volume, m³ ha⁻¹</i>
Kalsnava	Ln, Dm	8P2E	98	31,3	25,8	29,2	360,1
Mežole	Dm	6P2B2E	104	35,2	29,5	31,6	449,8

vērums, 20 × 20 m atvērumos apstādīts 1 no 4 kvadrātiem; 20 × 40 m kvadrātos – 2 no 8 un 40 × 40 m kvadrātos 3 no 12 kvadrātiem (1. att; 2. tab.).

Stādīšana veikta, izmantojot kvadrātveida stādvieta shēmu, kur stādvieta savstarpējais attālums ir 2 × 2 m (25 kociņi

vienā kvadrātā), līdz ar to zināms katra kociņa attālums līdz izcirstā atvēruma malai. Pēc tāda paša principa 2009. gada pavasarī izstādīti egles kailsakņu stādi ($h_{\text{vid}} = 35,1 \pm 0,6$ cm; $h_{\text{min}} = 12$ cm; $h_{\text{max}} = 80$ cm) arī Mežoles objektā. Katru gadu jūlijā veikta agrotehniskā kopšana.



2. tabula / Table 2

Pētījuma materiāla raksturojums objektos
 Description of test sites

Atvēruma lielums Gap size	Atvēruma platība, m ² Gap area, m ²	Izcirsto atvērumu skaits Number of gaps		Atkārtojumu skaits atvērumā Replicates per gap	Iestādīto kociņu skaits Number of planted trees		Analizēto kociņu skaits Number of analyzed trees	
		Kalsnava	Mežole		Kalsnava	Mežole	Kalsnava	Mežole
10 × 10	100	3	3	1	75	75	58	48
20 × 20	400	2	4	1	50	100	45	49
20 × 40 AR	800	2	3	2	100	150	79	96
20 × 40 ZD	800	2	2	2	100	100	81	75
40 × 40	1600	3	3	3	225	225	168	166

Uzreiz pēc iestādīšanas kociņiem izmērīts augstums, kas atkārtoti uzmērīts katru rudenī, kā arī noteikts kociņu stāvoklis (dzīvs, beigts vai bojāts), kā arī bojātajiem fiksēts bojājuma veids (dzīvnieku bojājumi, slimības u.c.). Mežoles objektā 2012. gada rudenī uzmērīts arī kociņu caurmērs pie sakņu kakla.

Kamerālo darbu metodika

Datu matemātiskajā apstrādē analizēta kociņu izdzīvošana Kalsnavas un Mežoles objektā 4 gadus pēc iestādīšanas. Analizēts arī kociņu augstuma pieaugums abos objektos 4 gadus pēc iestādīšanas, bet kociņu caurmērs pie sakņu kakla – tikai Mežoles objektā. Izmantota daudzfaktoru dispersijas analīze datorprogrammā SPSS14. Kā ietekmējošie faktori pārbaudīti – objekts, atvērums, sākotnējais kociņu augstums un attālums līdz tuvākajai malai. Izdzīvojušo kociņu izpētei izmantoti visi kociņi, bet augstuma pieaugumu un diametru analīzei – tikai nebojātie kociņi.

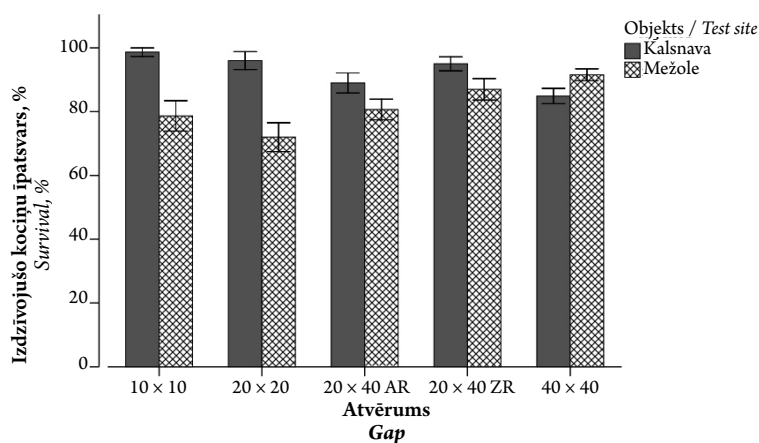
Pārbaudot būtiski ietekmējošos faktoros, konstatēts, ka gan kociņu sākotnējie augstumi, gan augstuma pieaugumi 4 gadus būtiski atšķiras pa objektiem, tādēļ turpmākā analīze veikta katram objektam atsevišķi. Par gradācijas klasi izmantots atvērums, bet kā kovariācijas faktors – sākotnējais augstums. Ņemot vērā nelielo novērojumu skaitu (līdz 3 novērojumiem) gradācijas klasēs 5 m 10 × 10 m atvērumā un 9 m 20 × 20 m, tās piesaistītas tuvākajām klasēm. Tāpat 40 × 40 m atvērums 15 m gradācijas klasei pievienota 17 m un 19 m gradācijas klase.

Rezultāti un diskusija

Attālums līdz atvēruma malai, atvērums, sākotnējais kociņu augstums un izdzīvošana 4 gadus pēc iestādīšanas būtiski neietekmē (p -vērtība $>0,05$). Tomēr izdzīvošana būtiski atšķiras (p -vērtība $<0,05$) pa objektiem. Kalsnavā kopumā saglabājušies 90,4 % iestādīto kociņu, bet Mežolē – 84,4 %. Būtiska ir arī objekta un atvērumsa lieluma mijiedarbība, un atšķirīgs ir izdzīvojušo kociņu īpatsvars Kalsnavas un Mežoles objektos 10 × 10 m, 20 × 20 m, 20 × 40 AR, 20 × 40 ZD un 40 × 40 m atvērumos – attiecīgi – 98,7 % un 78,7 %, 96 % un 72 %, 89 % un 80,7 %, 95 % un 87 %, 84,9 % un 91,6 % (2. att.). Lielbritānijā veiktā pētījumā konstatēts, ka 4 gadus pēc iestādīšanas audzes atvērumos ar diametru 20 m izdzīvojuši tikai aptuveni 50 % iestādīto Sitkas egļu (Page, Cameron, 2006), līdz ar to šādu kociņu īpatsvars ir salīdzinoši augsts.

Lielākos atvērumos (20 × 40 AR, 20 × 40 ZD un 40 × 40 m) 1 m attālumā no atvērumsa malas augošiem kociņiem ir būtiski (p -vērtība $<0,05$) mazāki augstuma pieaugumi nekā 3 m attālumā augošajiem, bet mazākos atvērumos Kalsnavas objektā šīs atšķirības ir būtiskas, savukārt Mežoles objektā – nebūtiskas (3. tab; 3., 4. att.).

Atvērumos 20 × 20 m, tālāk par 3 m no atvērumsa malas, kociņu augstuma pieaugums ir lielāks, tomēr būtiski neatšķiras; 20 × 40 ZD atvērumos lielākā attālumā no audzes malas augstuma pieaugumi ir lielāki, un Kalsnavas objektā būtiski lielāki kociņi ir 9 m attālumā no atvērumsa malas, bet Mežoles objektā malas ietekme izpaužas tikai līdz 7 m no atvērumsa malas. Atvērumos 20 × 40 AR novērotās tendences nav viennozīmīgas – ja Mežoles



2. attēls. Stādītās egles izdzīvojušo kociņu īpatsvars (\pm standartkļūda) 4 gadus pēc iestādīšanas dažāda lieluma audzes atvērumos Kalsnavas un Mežoles objektā.

Figure 2. Planted spruces' survival (\pm standard error) 4 year after planting in gaps of different size in the test sites of Kalsnava and Mežole.

3. tabula / Table 3

Stādītās egles 4 gadu augstuma pieaugums dažāda lieluma audzes atvērumos saistībā ar attālumu līdz atvēruma malai

Planted spruces' 4 years height increment in gaps of different size by distances from gap edges

Objekts Test site		Kalsnava		Mežole	
Atvēruma lielums Gap size	Attālums līdz atvēruma malai, m Distance from nearest gap edge, m	4 gadu augstuma pieaugums*, cm 4 yr. height increment*, cm	Standartkļūda Standard error	4 gadu augstuma pieaugums*, cm 4 yr. height increment*, cm	Standartkļūda Standard error
10 × 10	1	21,7 ^a	1,6	31,0 ^a	2,1
	3	28,3 ^b	2,1	36,2 ^a	2,8
20 × 20	1	33,3 ^a	5,3	38,6 ^a	3,2
	3	54,2 ^b	5,5	41,4 ^{ab}	4,0
	5	56,6 ^b	6,9	54,8 ^b	5,3
	7	63,6 ^b	7,8	55,1 ^b	6,7
20 × 40 AR	1	34,1 ^a	4,0	23,3 ^a	4,7
	3	61,2 ^b	4,4	41,9 ^b	4,4
	5	57,7 ^b	4,5	61,2 ^c	5,6
	7	60,8 ^b	5,6	80,2 ^d	5,7
	9	68,9 ^b	6,7	95,7 ^d	6,6

3. tabula (turpinājums)/ Table 3 (continued)

Objekts Test site		Kalsnava		Mežole	
Atvēruma lielums Gap size	Attālums līdz atvēruma malai, m Distance from nearest gap edge, m	4 gadu augstuma pieaugums*, cm 4 yr. height increment*, cm	Standartklūda Standard error	4 gadu augstuma pieaugums*, cm 4 yr. height increment*, cm	Standartklūda Standard error
20 × 40 ZD	1	21,9 ^a	4,2	33,4 ^a	4,2
	3	36,2 ^b	4,0	48,3 ^b	4,4
	5	59,3 ^c	4,1	57,4 ^b	5,9
	7	66,6 ^c	4,6	79,5 ^c	5,4
	9	85,3 ^d	6,0	79,6 ^c	6,2
40 × 40	1	28,5 ^a	4,6	32,8 ^a	4,9
	3	52,3 ^b	4,2	51,0 ^b	5,1
	5	68,8 ^{cd}	4,5	86,7 ^c	6,4
	7	71,3 ^{cd}	4,7	91,1 ^{cd}	6,0
	9	75,3 ^d	4,7	107,6 ^d	7,0
	11	63,2 ^{bcd}	4,7	102,8 ^{cd}	6,0
	13	57,5 ^{bc}	6,6	107,6 ^d	5,9
	15	93,2 ^e	5,5	98,4 ^{cd}	5,6

Apzīmējumi / Legend:

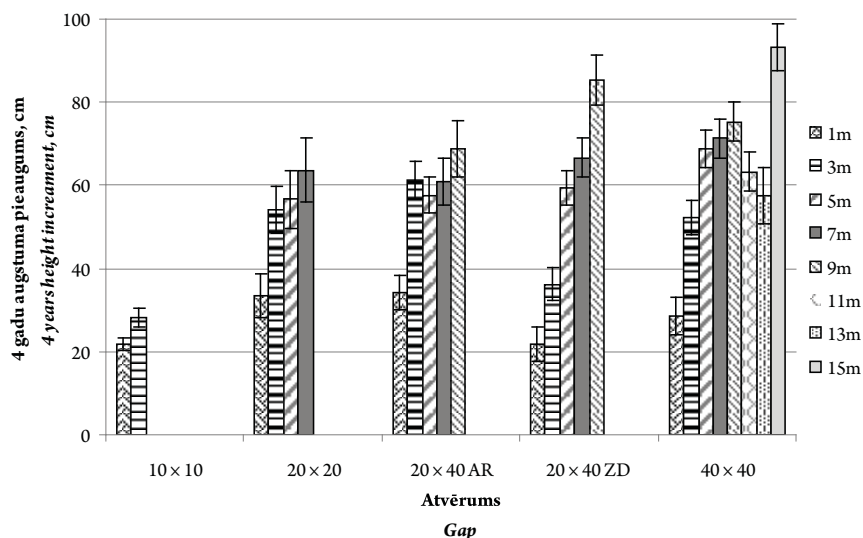
^{a, b, c, d} – homogēni kompleksi pēc attāluma līdz atvēruma malai grupēti pa atvēruma lielumiem un objektiem / homogeneous subsets by distance from gap edges grouped by gap sizes and test sites;

* – vidējās vērtības un homogēnie kompleksi aprēķināti, ņemot vērā kovarianti – sākotnējo kociņu augstumu / means and homogeneous subsets calculated considering covariate – initial plant height.

objektā pie lielāka attāluma no atvēruma malas augstuma pieaugumi ir lielāki, tad Kalsnavas objektā situācija nav līdzvērtīga, jo 40 × 40 m atvērumos, sākot no 3 m attāluma no atvēruma malas, augstuma pieaugumi ir svārstīgi, un lai gan tālāk par 3 m tie ir lielāki nekā 3 m attālumā no atvēruma malas, kā arī 5 m, 7 m un 9 m attālumā ir būtiski lielāki (un lielāki arī lielākā attālumā no atvēruma malas), tomēr 11 m un 13 m attālumā būtiski neatšķiras no 3 m attālumā augsto kociņu augstumiem. Turklāt 13 m attālumā kociņu augstuma pieaugums ir būtiski mazāks nekā

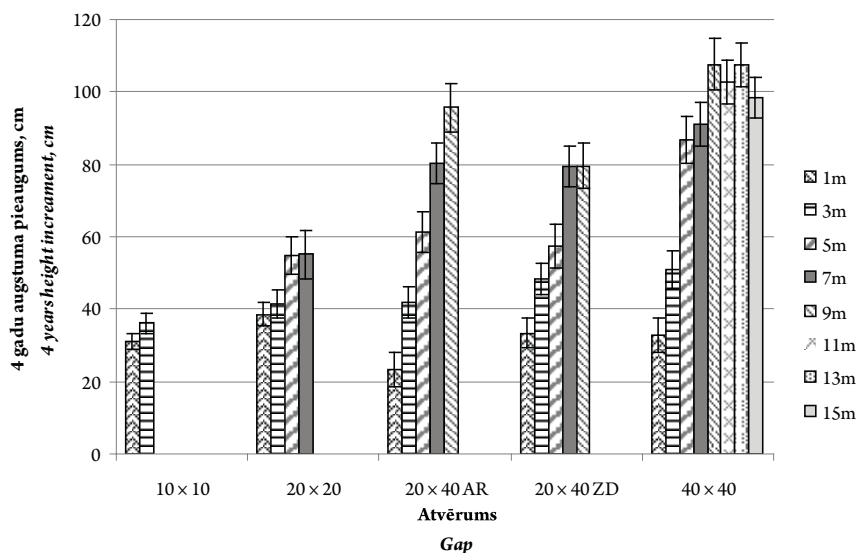
9 m attālumā, bet 15 m attālumā – būtiski lielāks nekā 9 m attālumā. Savukārt Mežoles objektā 40 × 40 m atvērumos tālāk par 3 m no atvēruma malas augsto kociņu augstuma pieaugumi ir būtiski lielāki nekā kociņiem 3 m attālumā. Novērots, ka, sākot no 9 m attāluma, kociņu augstuma pieaugumi ir svārstīgi un savstarpēji nav būtiski atšķirīgi.

Kalsnavas objektā, neatkarīgi no atvēruma lieluma, konkrētā attālumā no malas kociņu augstuma pieaugumi ir līdzīgi: ja šajā attālumā no atvēruma malas lielākais kociņu augstuma pieaugums ir vienā no atvērumiem,



3. attēls. Stādītās egles 4 gadu augstuma pieaugums (\pm standartklūda) saistībā ar audzes atvēruma lielumu dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai Kalsnavas objektā.

Figure 3. Planted spruces' 4 years height increment (\pm standard error) in gaps of different size by distances from gap edges in test site Kalsnava.



4. attēls. Stādītās egles 4 gadu augstuma pieaugums (\pm standartklūda) saistībā ar audzes atvēruma lielumu dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai Mežoles objektā.

Figure 4. Planted spruces' 4 years height increment (\pm standard error) in gaps of different size by distances from gap edges in test site Mežole.

tad citā attālumā – cita izmēra atvēruma kociņiem augstuma pieaugumi ir lielāki. Piemēram, 1 m attālumā lielākais augstuma pieaugums ir kociņiem 20 × 20 m atvērumos, 3 m attālumā – 20 × 40 AR atvērumos, 5 m

attālumā – 40 × 40 m atvērumos, bet 7 m un 9 m attālumā – 20 × 40 ZD atvērumos (4. tab., 5. att.). Turklāt 5 m, 7 m un 9 m attālumā kociņu augstuma pieaugumi dažādos atvērumos savstarpēji nav būtiski atšķirīgi.

4. tabula / Table 4

Stādītās egles 4 gadu augstuma pieaugums dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai saistībā ar audzes atvēruma lielumu

Planted spruces' 4 years height increment at different distances from gap edges in gaps of different size

Objekts Test site		Kalsnava		Mežole	
Attālums līdz tuvākajai malai, m Distance from nearest gap edge, m	Atvēruma lielums Gap size	4 gadu augstuma pieaugums*, cm 4 year height increment*, cm	Standartklūda Standard error	4 gadu augstuma pieaugums*, cm 4 year height increment*, cm	Standartklūda Standard error
1	10 × 10	21,8 ^a	2,3	29,9 ^{ac}	2,8
	20 × 20	31,3 ^{bc}	3,5	38,9 ^b	3,3
	20 × 40 AR	34,3 ^c	2,9	22,8 ^{ac}	3,2
	20 × 40 ZD	22,4 ^{ab}	3,2	34,0 ^{ab}	3,4
	40 × 40	28,3 ^{abc}	2,9	34,6 ^{ab}	2,9
3	10 × 10	27,7 ^a	4,0	38,1 ^a	6,1
	20 × 20	53,2 ^b	5,0	40,4 ^a	6,6
	20 × 40 AR	61,6 ^b	4,2	42,1 ^a	4,7
	20 × 40 ZD	36,7 ^a	4,1	48,0 ^a	5,5
	40 × 40	49,7 ^b	3,5	51,3 ^a	4,8
5	20 × 20	61,1 ^a	7,0	54,6 ^a	10,2
	20 × 40 AR	60,4 ^a	5,0	61,0 ^a	7,4
	20 × 40 ZD	60,8 ^a	4,8	57,2 ^a	8,7
	40 × 40	67,8 ^a	4,3	88,4 ^b	7,2
7	20 × 20	65,5 ^a	8,2	55,5 ^a	10,9
	20 × 40 AR	63,9 ^a	6,6	82,6 ^b	6,2
	20 × 40 ZD	70,5 ^a	5,7	79,4 ^{ab}	6,8
	40 × 40	65,9 ^a	4,9	89,6 ^b	5,7

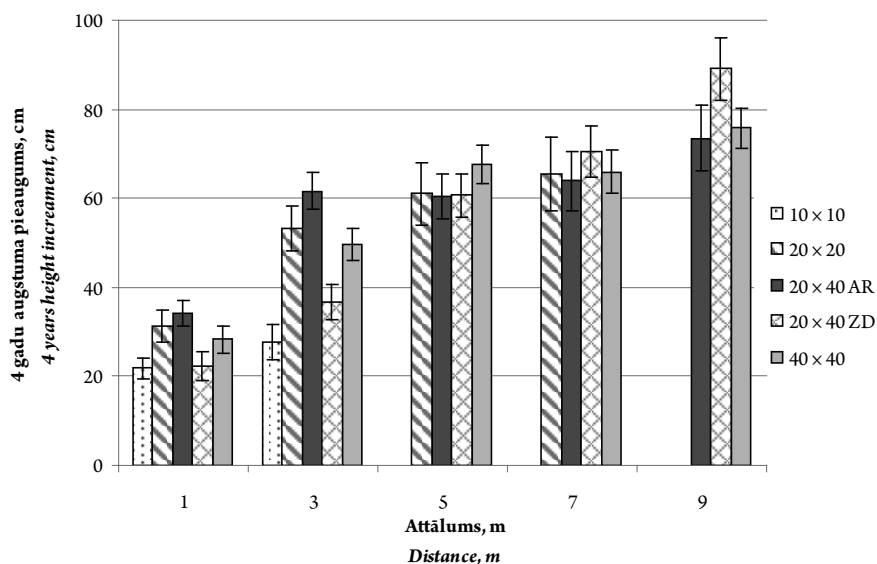
4. tabula (turpinājums) / Table 4 (continued)

Objekts Test site		Kalsnava		Mežole	
Attālums līdz tuvākajai malai, m Distance from nearest gap edge, m	Atvēruma lielums Gap size	4 gadu aug- stuma pieau- gums*, cm 4 year height increment*, cm	Standartklūda Standard error	4 gadu aug- stuma pieau- gums*, cm 4 year height increment*, cm	Standartklūda Standard error
9	20 × 40 AR	73,5 ^a	7,5	96,1 ^a	5,6
	20 × 40 ZD	89,1 ^a	7,0	78,5 ^b	6,3
	40 × 40	75,8 ^a	4,5	107,8 ^a	5,2

Apzīmējumi / Legend:

^{a, b, c} – homogēni kompleksi (p-vērtība >0,05) pa atvēruma lielumiem grupēti pēc attāluma līdz atvēruma malai un objektiem / homogeneous subsets ($\alpha > 0,05$) by gap sizes grouped by distance from gap edge and test sites;

* – vidējās vērtības un homogēnie kompleksi aprēķināti, ņemot vērā kovarianti – sākotnējo kociņu augstumu / means and homogeneous subsets calculated considering covariate – initial plant height.



5. attēls. Stādītās egles 4 gadu augstuma pieaugums (\pm standartklūda) dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai saistībā ar audzes atvēruma lielumu Kalsnavas objektā.

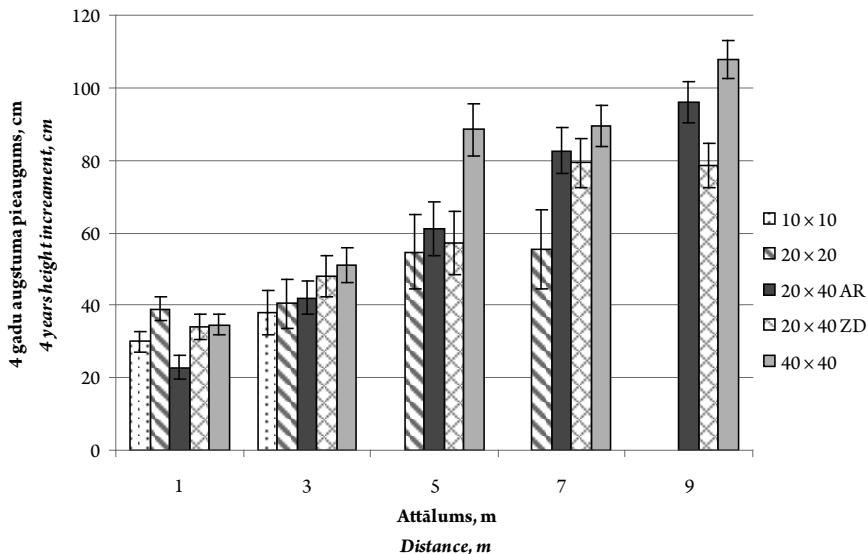
Figure 5. Planted spruces' 4 years height increment (\pm standard error) at different distances from gap edges in gaps of different size in test site Kalsnava.

Mežoles objektā novērojama tendence, ka konkrētā attālumā no atvēruma malas un lielāka audzes atvēruma kociņu augstuma pieaugumi ir lielāki, tomēr pieaugumu atšķirības starp gradācijas klasēm lielākoties ir nebūtiskas (4. tab., 6. att.).

Nemot vērā tendenci atšķirības starp objektiem, nav pamata apgalvot, ka pie konkrēta attāluma no atvēruma malas un lielākos atvērumos kociņu augstuma pieaugumi ir lielāki. Kā viens no iespējamiem iemesliem, kādēļ augstuma pieaugumu tendences starp objektiem atšķiras, ir būtiskais kociņu sākotnējo izmēru ($h_{vid} = 27,1 \pm 0,6$ cm Kalsnavā un $35,1 \pm 0,6$ cm Mežolē) atšķirīgums (p -vērtība $< 0,05$). Sākotnēji Kalsnavas objekta mazākie kociņi savienojumā ar nedaudz lielāku aizzēlumu

(detalizēti nav aprakstīts), un līdz ar to lielāku konkurenci pēc resursiem, varētu šo atšķirību izskaidrot. Iespējams, ka pozitīvu lomu Mežoles objektā atstājis arī mātesaudzes koku sugu sastāvs, kur 2 vienības veido bērzs. Tomēr vienlaikus Kalsnavas objektā izdzīvojušo kociņu īpatsvars ir būtiski lielāks, ko varētu skaidrot ar mazāka izmēra stādu spēju veiksmīgāk adaptēties.

Kociņu caurmērs pie sakņu kakla Mežoles objektā 4 gadus pēc iestādīšanas ir būtiski atkarīgs (p -vērtība $< 0,05$) gan no sākotnējā kociņu augstuma, gan audzes atvēruma lieluma, gan attāluma līdz atvēruma malai. Lielākā attālumā no atvēruma malas kociņu caurmērs ir lielāks (izņemot 40×40 m atvērumā 15 m attālumā augošos kociņus), tomēr mazākos atvērumos (10×10 m



6. attēls. Stādītās egles 4 gadu augstuma pieaugums (\pm standartkļūda) dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai saistībā ar audzes atvēruma lielumu Mežoles objektā.

Figure 6. Planted spruces' 4 years height increment (\pm standard error) at different distances from gap edges in gaps of different size in test site Mežole.

5. tabula / Table 5

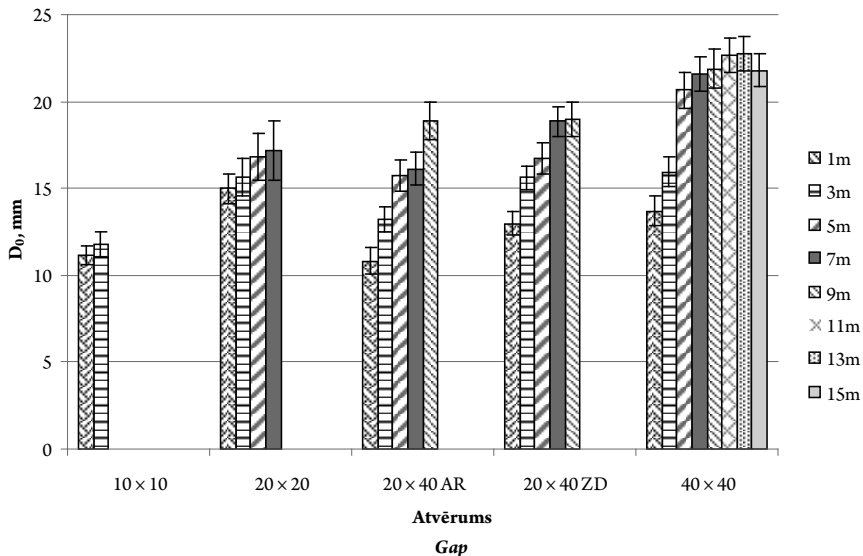
Stādītās egles caurmērs pie sakņu kakla (D_0) 4 gadus pēc iestādīšanas dažāda lieluma audzes atvērumos saistībā ar attālumu līdz atvēruma malai Mežoles objektā
Planted spruces' root collar diameter (D_0) 4 years after planting in gaps of different size by distances from gap edges in test site Mežole

Atvēruma lielums <i>Gap size</i>	Attālums līdz tuvākajai malai, m <i>Distance from nearest gap edge, m</i>	D_0^* , mm	Standartkļūda <i>Standard error</i>
10 × 10	1	11,2 ^a	0,5
	3	11,8 ^a	0,7
20 × 20	1	15,0 ^a	0,8
	3	15,6 ^a	1,0
	5	16,8 ^a	1,4
	7	17,2 ^a	1,7
20 × 40 AR	1	10,8 ^a	0,8
	3	13,2 ^b	0,7
	5	15,7 ^c	0,9
	7	16,1 ^{cd}	0,9
	9	18,9 ^d	1,1
20 × 40 ZD	1	13,0 ^a	0,7
	3	15,6 ^b	0,7
	5	16,8 ^{bc}	0,9
	7	18,9 ^c	0,8
	9	19,0 ^c	1,0
40 × 40	1	13,7 ^a	0,8
	3	15,9 ^a	0,9
	5	20,7 ^b	1,1
	7	21,6 ^b	1,0
	9	21,9 ^b	1,2
	11	22,7 ^b	1,0
	13	22,7 ^b	1,0
	15	21,8 ^b	0,9

Apzīmējumi / *Legend:*

^{a, b, c, d} – homogēni kompleksi (p-vērtība >0,05) pēc attāluma līdz atvēruma malai grupēti pa atvēruma lielumiem un objektiem / *homogeneous subsets ($\alpha > 0,05$) by distance from gap edges grouped by gap sizes;*

* – vidējās vērtības un homogēnie kompleksi aprēķināti, ņemot vērā kovarianti – sākotnējo kociņu augstumu / *means and homogeneous subsets calculated considering covariate – initial plant height.*



7. attēls. Stādītās egles caurmērs (\pm standartklūda) pie sakņu kakla (D_0) 4 gadus pēc iestādīšanas dažāda lieluma audzes atvērumos saistībā ar attālumu līdz atvēruma malai Mežoles objektā.

Figure 7. Planted spruces' root collar diameter (D_0) (\pm standard error) 4 years after planting in in gaps of different size by distances from gap edges in test site Mežole.

un 20 × 20 m) šī tendence nav būtiska (5. tab., 7. att.). Atvērumos 20 × 40 AR un 20 × 40 ZD kociņi būtiski tievāki ir 1 m attālumā no malas. Savukārt 40 × 40 m atvērumos, tuvāk par 3 m no atvēruma malas, tie ir būtiski tievāki, bet 5 m līdz 15 m attālumā kociņu caurmērs pakāpeniski palielinās, tomēr būtiski neatšķiras.

Salīdzinot ar citu atvērumu lielumiem (6. tab., 8. att.), būtiski resnāki kociņi 1 m attālumā no malas ir atvērumos 20 × 20 m un 40 × 40 m; 3 m attālumā no malas būtiski resnāki kociņi ir 40 × 40 m atvērumos, salīdzinot ar atvērumiem 10 × 10 m; 5 m attālumā būtiski resnāki kociņi ir 40 × 40 m atvērumā, turklāt salīdzinājumā ar visiem pārējiem atvēruma lielumiem. Resnākie

kociņi ir arī 7 m un 9 m attālumā 40 × 40 m atvērumos, tomēr 7 m attālumā būtiskas atšķirības novērotas tikai 20 × 40 AR, bet 9 m attālumā – 20 × 40 ZD atvērumos augošajiem kociņiem. Kopumā varam secināt, ka konkrētā attālumā no atvēruma malas 40 × 40 m atvērumos ir lielākie kociņu caurmēri pie sakņu kakla.

Kociņu caurmērs pie sakņu kakla 4 gadu vecumā, kā arī 4 gadu augstuma pieauguma tendences Mežoles objektā ir samērā līdzīgas (4.; 6.; 7.; 8. att.), lai gan viena atvēruma lieluma ietvaros krasākas atšķirības starp attālumiem no atvēruma malas ir novērojamas augstuma pieaugumiem.

Savstarpēji salīdzinot 20 × 40 AR un 20 × 40 ZD atvērumus, kociņu augstumu

6. tabula / Table 6

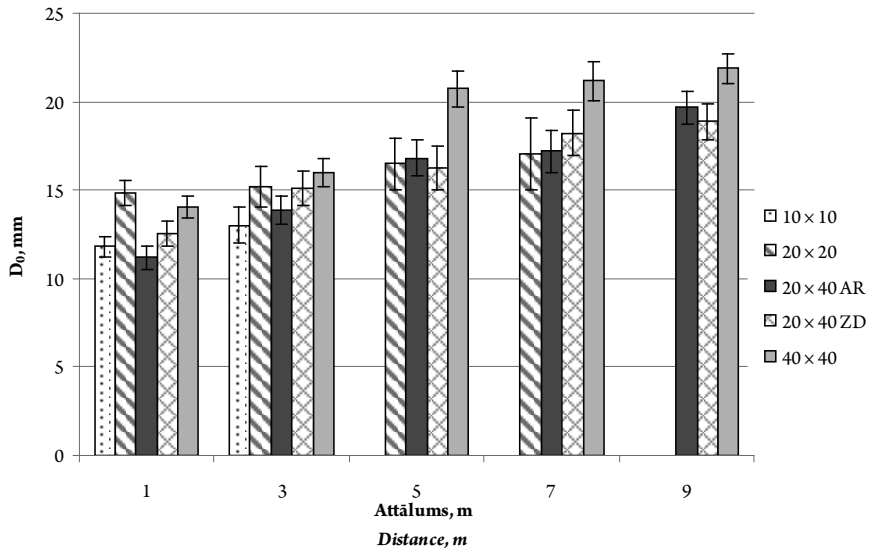
Stādītās egles caurmērs pie sakņu kakla (D_0) 4 gadus pēc iestādīšanas dažādā attālumā līdz audzes atvēruma malai saistībā ar audzes atvēruma lielumu Mežoles objektā
Planted spruces' root collar diameter (D_0) 4 years after planting at different distances from gap edges in gaps of different size in test site Mežole

Attālums līdz tuvākajai malai, m <i>Distance from nearest gap edge, m</i>	Atvēruma lielums <i>Gap size</i>	D_0^* , mm	Standartklūda <i>Standard error</i>
1	10 × 10	11,8 ^a	0,6
	20 × 20	14,8 ^b	0,7
	20 × 40 AR	11,2 ^a	0,7
	20 × 40 ZD	12,5 ^a	0,7
	40 × 40	14,0 ^b	0,6
3	10 × 10	13,0 ^a	1,0
	20 × 20	15,2 ^{ab}	1,1
	20 × 40 AR	13,9 ^{ab}	0,8
	20 × 40 ZD	15,1 ^{ab}	0,9
	40 × 40	16,0 ^b	0,8
5	20 × 20	16,5 ^a	1,5
	20 × 40 AR	16,8 ^a	1,0
	20 × 40 ZD	16,2 ^a	1,2
	40 × 40	20,7 ^b	1,0
7	20 × 20	17,1 ^{ab}	2,1
	20 × 40 AR	17,2 ^b	1,2
	20 × 40 ZD	18,2 ^{ab}	1,3
	40 × 40	21,2 ^a	1,1
9	20 × 40 AR	19,7 ^{ab}	0,9
	20 × 40 ZD	18,9 ^b	1,0
	40 × 40	21,9 ^a	0,8

Apzīmējumi / *Legend:*

^{a, b, c, d} – homogēni kompleksi (p-vērtība >0,05) pēc attāluma līdz atvēruma malai grupēti pa atvēruma lielumiem un objektiem / *homogeneous subsets ($\alpha > 0,05$) by distance from gap edges grouped by gap sizes;*

* – vidējās vērtības un homogēnie kompleksi aprēķināti, ņemot vērā kovarianti – sākotnējo kociņu augstumu / *means and homogeneous subsets calculated considering covariate – initial plant height.*



8. attēls. Stādītās egles caurmērs (\pm standartklūda) pie sakņu kakla (D_0) 4 gadus pēc iestādīšanas saistībā ar attālumu līdz atvēruma malai dažāda lieluma audzes atvērumos Mežoles objektā.

Figure 8. Planted spruces' root collar diameter (D_0) (\pm standard error) 4 years after planting at different distances from gap edges in in gaps of different size in test site Mežole.

pieaugumi un caurmēri pie sakņu kakla konkrētā attālumā no atvēruma malas lielākajā daļā gadījumu būtiski neatšķiras: ja vienā attālumā no audzes malas kociņu augstuma pieaugums ir lielāks 20×40 AR atvērumos, tad citā attālumā – tas ir lielāks 20×40 ZD atvērumos, turklāt atšķirības ir novērojamas arī starp objektiem (5., 6. att.). Piemēram, Kalsnavas objektā 1 m un 3 m attālumā augstuma pieaugumi ir būtiski lielāki 20×40 AR atvērumos, bet 5 m, 7 m un 9 m attālumā – 20×40 ZD atvērumos (atšķirības nav būtiskas). Savukārt Mežoles objektā 1 m un 3 m attālumā augstuma pieaugumi ir lielāki 20×40 ZD atvērumos, bet 5 m, 7 m un 9 m attālumā – 20×40 AR atvērumos, turklāt 9 m attālumā atšķirības ir būtiskas. Caurmēri

pie sakņu kakla Mežoles objektā 1 m, 3 m un 7 m attālumā lielāki ir 20×40 AR atvērumos, bet 5 m un 9 m attālumā – 20×40 ZD atvērumos, tomēr atšķirības nevienā gadījumā nav būtiskas. Varam secināt, ka atšķirības egles augšanā 4 gadus pēc iestādīšanas 20×40 m atvērumos nav konstatējamas, ja garākā mala izvietota A–R vai Z–D virzienā.

Kā jau minēts iepriekš, lielākos atvērumos (20×40 AR, 20×40 ZD un 40×40 m) 1 m attālumā no atvēruma malas augošajiem kociņiem augstuma pieaugumi ir būtiski mazāki (p -vērtība $< 0,05$) nekā 3 m attālumā augošajiem, bet mazākos atvērumos – vienā objektā atšķirības ir būtiskas, bet otrā – nebūtiskas. Sākot no 3 m līdz 9 m attālumam no atvēruma malas

lielākoties katrai nākamajai gradācijas klasei kociņu augstuma un caurmēra pie sakņu kakla pieaugumi ir lielāki, tomēr būtiskas atšķirības konstatējamas tikai daļā gadījumu, turklāt tendences atšķiras pa objektiem. Savukārt, sākot no 9 m no atvēruma malas, kociņu augstuma un caurmēra pie sakņu kakla pieaugumiem vienā no objektiem atšķirību praktiski vairs nav, bet otrā objektā augstuma pieaugumi ievērojami variē. Tas norāda, ka līdz 9 m attālumam, uzlabojoties gaismas režīmam un samazinoties koku sakņu ietekmei, augšanas apstākļi uzlabojas, bet lielākā attālumā kociņu augšanu ietekmē citi fona apstākļi, piemēram, aizzēlums, kas abos objektos ir samērā ievērojams. Piemēram, 40 × 40 m atvērumu centrālajās daļās, ārpus ap iestādītajiem kociņiem koptajām platībām, avenāju augstums vietām pārsniedz 1,5 m (detalizēti nav aprakstīts). Iepriekš jau minēts, ka agrotehniskā kopšana tiek izdarīta reizi gadā – katru gadu parasti jūlijā, tomēr oktobrī uzmērot kociņus, radies subjektīvs iespaids, ka kopšana 40 × 40 m atvērumos būtu veicama divreiz gadā, lai novērstu aizzēluma konkurējošo ietekmi.

Arī citos pētījumos, kur aizzēlums nav kontrolēts, novērota līdzīga tendence – lielākos atvērumos, tālāk no atvēruma malas, kociņu augšanu ietekmē arī aizzēluma konkurence, kas samazina gaismas režīma uzlabošanās pozitīvo efektu (Kern, *et al.*, 2012).

J. Donis (2007), pētot dabisko atjaunošanos dažādu konfigurāciju audzes atvērumos priežu audzēs mētrājā, konstatējis, ka tuvāk par 5 m no audzes malas priedītes ir būtiski īsākas. Savukārt katrā nākamajā gradācijas klasē kociņu augstums ir lielāks,

tomēr būtiski neatšķiras. Rezultātu atšķirības iespējams izskaidro tas, ka pētījums ir veikts 10 gadus pēc izciršanas un priede, kā gaismas prasīga suga, gaismas režīmam uzlabojoties, reaģē daudz aktīvāk. Turklāt pētījumā gradācijas klašu robežas ir daudz plašākas (5 m un 10 m).

Ņemot vērā, ka, sākot ar 9 m no atvēruma malas, kociņu augstuma pieaugumi vairs ievērojami neatšķiras un ir svārstīgi, kā arī pieņemot par katra kociņa augšanas telpu 1 m rādiusu ap to, novērojama tendence, ka negatīva ietekme uz egles augšanu izpaužas līdz 8 m no atvēruma malas. Tādēļ varam secināt sekojošo – malas efekts 10 × 10 m un 20 × 20 m atvērumos (20 × 20 m atvērumos 4 % no platības nav iekļauti) novērojams visā atvēruma platībā: 20 × 40 m atvērumos negatīvai ietekmei pakļauti 88 %, bet 40 × 40 m atvērumos – 64 % no atvēruma platības. Vienlaikus jāatzīmē, ka tās ir tikai novērotās tendences, jo kā kociņu augstuma pieaugumiem, tā arī caurmēriem pie sakņu kakla 7 m un 9 m attālumā būtisku atšķirību pārsvarā nav.

Ziemeļamerikas mērenās joslas ziemeļu daļas mežos (Coates, 2000) konstatēts, ka audzes atvērumam nav jābūt ļoti lielam (0,1-0,2 ha), lai kociņu attīstības gaita būtu līdzvērtīga tai, kāda tā ir kailcirtēs augošiem kociņiem. Zviedrijā veiktā pētījumā ieteikti līdzīgi atvēruma lielumi – 20-40 × 30-60 m (Erefur *et al.*, 2011). Latvijā Ž. Sūna (1973) rekomendējis sākotnēji izcirst atvērumus, kuru diametrs būtu līdzīgs koku augstumam (aptuveni 25 m). Savukārt mežzinātnieka A. Zviedra (1949a) ieteiktais atvēruma lielums – 30 × 30 m.

Secinājumi

1. Attālums līdz atvēruma malai, atvēruma lielums un sākotnējais kociņu augstums būtiski neietekmē (p-vērtība >0,05) egles izdzīvošanu 4 gadus pēc iestādīšanas.
2. Lielākos atvērumos (20 × 40 AR, 20 × 40 ZD un 40 × 40 m) 1 m attālumā no atvēruma malas augošiem kociņiem ir būtiski (p-vērtība <0,05) mazāki augstuma pieaugumi nekā 3 m attālumā augošajiem, bet mazākos atvērumos (10 × 10 m un 20 × 20 m) Kalsnavas objektā tie atšķiras būtiski, savukārt Mežoles objektā – nebūtiski.
3. Novērota tendence, ka 9 m attālumā no atvēruma malas 20 × 40 AR, 20 × 40 ZD un 40 × 40 m atvērumos kociņu augstuma pieaugums ir lielākais.
4. Visos aplūkotajos audzes atvērumu izmēros lielākā attālumā no atvēruma malas kociņu caurmērs ir lielāks.
5. Konkrētā attālumā no atvēruma malas kociņu augstuma pieaugums lielākos atvērumos nav ievērojami lielāks.
6. Konkrētā attālumā no atvēruma malas 40 × 40 m atvērumos ir lielākie kociņu caurmēri pie sakņu kakla.
7. Novērota tendence, ka malas ietekme uz egles augšanu izpaužas līdz 8 m no atvērumu malas.
8. Nav atšķirību egles augšanā 4 gadus pēc iestādīšanas 20 × 40 m atvērumos, garāko malu izvietojot A–R vai Z–D virzienā.

Pateicība: publikācija sagatavota Meža nozares kompetences centra projekta “Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai” (L-KC-11-0004) ietvaros.

Literatūra

- Chen, J., Franklin, J. F., Spies, T. A.** (1992). Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forests. *Ecol. Appl.*, 2, 387-396.
- Coates, K. D.** (2000). Conifer seedling response to northern temperate forest gaps. *Forest Ecology and Management*, 127, pp. 249-269.
- Dale, M. E., Smith, H. C., Pearcy, J. N.** (1995). Size of clearcut opening affects species composition, growth rate, and stand characteristics. *USDA For. Serv. Res. Pap. NE-698.*, 21 p.
- Donis, J.** (2006). Nekailciršu meža apsaimniekošanas modeļu izstrāde. Pārskats. LVMI Silava. – URL http://www.zm.gov.lv/doc_upl/Nekailcirsu_meza_apsaimniekosanas_modelu_izstrade_Silava.pdf, 107 lpp.
- Donis, J.** (2007). Nekailciršu meža apsaimniekošanas modeļu izstrāde. Pārskats. LVMI Silava. – URL http://www.zm.gov.lv/doc_upl/27.pdf, 105 lpp.
- Donis, J.** (2008). Nekailciršu meža apsaimniekošanas modeļu izstrāde. Pārskats. LVMI Silava. – URL http://www.zm.gov.lv/doc_upl/4_Silava_J.Donis.pdf, 115 lpp.

- Erefur, C., Bergsten, U., Lundmark, T., de Chantal, M.** (2011). Establishment of planted Norway spruce and Scots pine seedlings: effects of light environment, fertilisation, and orientation and distance with respect to shelter trees. *New Forests*, 42, pp. 263-276.
- Gagnon, J. L., Jokela, E. J., Moser, W. K., Huber, D. A.** (2003). Dynamics of artificial regeneration in gaps within a longleaf pine flatwoods ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 172, pp. 133-144.
- Gray, A. N., Spies, T. A.** (1996). Gap size, within-gap position and canopy structure effects on conifer seedling establishment. *J. Ecol.*, 84, pp. 635-645.
- Igaunis, A.** (1960). Pētījumi par gaismas, veco koku sakņu sistēmas un mitruma ietekmi uz egļu paaugu. *Mežsaimniecības problēmu institūta raksti*, 20, 149.-187. lpp.
- Igaunis, A.** (1961). Dabiskās atjaunošanās gaita egļu pauguraiņa vēra pakāpeniskās cirtes audzēs. *Jaunākais mežsaimniecībā*, 2, 32.-37. lpp.
- Kern, C. C., Reich, B. P., Montgomery R. A., Strong, T. F.** (2012). Do deer and shrubs override canopy gap size effects on growth and survival of yellow birch, northern red oak, eastern white pine, and eastern hemlock seedlings? *Forest Ecology and Management*, 267, 134-143.
- Kundziņš, A.** (1949). Pētījumi par priežu dabiskās atjaunošanās veicināšanas apstākļiem un paņēmieniem Latvijas PSR galvenajos meža tipos: Disertācija. *Latvijas Lauksaimniecības Akadēmija. Jelgava*, 159 lpp.
- Laacke, R. J., Fiske, J. N.** (1983). Sierra Nevada mixed conifers. In *Silvicultural systems for the major forest types of the United States*. Edited by R. M. Burns. *USDA For. Serv. Agric. Handb.*, 445, pp. 44-47.
- Malcolm, D. C., Mason, W. L., Clarke, G. C.** (2001). The transformation of conifer forests in Britain – regeneration, gap size and silvicultural systems. *Forest Ecology and Management*, 151, pp. 7-23.
- McDonald, P. M., Abbot, C. S.** (1994). Seedfall, regeneration, and seedling development in group-selection openings. *USDA For. Serv. Res. Pap. PSW-421*, 15 p.
- Messier, C., Doucet, R., Ruel, J. C., Claveau, Y., Kelly, C., Lechowicz, M. J.** (1999). Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Can. J. For. Res.*, 29, 812-823.
- Page, L. M., Cameron, A. D.** (2006). Regeneration dynamics of Sitka spruce in artificially created forest gaps. *Forest Ecology and Management*, 221, pp. 260-266.
- Palik, B. J., Mitchell, R. J., Houseal, G., Pederson, N.** (1997). Effects of canopy structure on resource availability and seedling responses in a longleaf pine ecosystem. *Can. J. For. Res.*, 27, pp. 1458-1464.
- Rouvinen, S., Kouki, J.** (2011). Tree regeneration in artificial canopy gaps established for restoring natural structural variability in a Scots pine stand. *Silva Fennica* 45, pp. 1079-1091.
- Runkle, J. R.** (1982). Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of Eastern

- North America. *Ecology*, 63, pp. 1533-1546.
- Sipe, T. W., Bazzaz, F. A.** (1994). Gap partitioning among maples (*Acer*) in central New England: shoot architecture and photosynthesis. *Ecology*, 75, pp. 2318-2332.
- Sūna, Ž.** (1958). Veco priežu sakņu ietekme uz paaugu silā. Mežsaimniecības problēmu institūta raksti, 14, 83.-106. lpp.
- Sūna, Ž.** (1973). Latvijas PSR pilsētu un pilsētciematu zaļās zonas. Apskats. Rīga, LatZTIZPI, 75 lpp.
- York, R. A., Battles, J. J., Heald, R. C.** (2003). Edge effects in mixed conifer group selection openings: tree height response to resource gradients. *Forest Ecology and Management*, 179, 107-121.
- York, R. A., Heald, R. C., Battles, J. J., York, J. D.** (2004). Group selection management in conifer forests: relationships between opening size and tree growth. *Can. J. For. Res.*, 34, 630-641.
- Zviedris, A.** (1949a). Mežsaimniecība Latvijas PSR saudzējamos mežos un zaļajās joslās. Rīga, Latvijas valsts izdevniecība, 99 lpp.
- Zviedris, A.** (1949b). Regulētās izlases cirtes Latvijas PSR egļu mežos. Mežsaimniecības problēmu institūta raksti, 1, 68.-110. lpp.
- Zviedris, A.** (1960). Egle un egļu mežs Latvijas PSR. Rīga, LPSRZAI, 238 lpp.
- Суна, Ж. Ю.** (1957). Лесовосстановительные рубки в с сосновых борах зеленой зоны города Риги. Автореферат дисс. Рига, 29 с.