
Kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) dažādas biežības plantāciju augšanas gaita

Mudrīte Daugaviete^{1*}, Kaspars Liepiņš¹, Jānis Liepiņš¹

Daugaviete, M., Liepiņš, K., Liepiņš, J. (2011). The growth of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in plantations of different density. *Mežzinātne* 24(57): 3–16.

Kopsavilkums. Rakstā apkopoti pētījumu dati par kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) augšanas gaitu dažādas biežības stādījumos: 1100 (3 × 3); 1600 (2 × 3); 2500 (2 × 2); 5000 (1 × 2) un 10000 (1 × 1) koki ha⁻¹ lauksaimniecības zemēs 3 izmēģinājumu objektos Kuldīgas, Madonas un Rēzeknes rajona teritorijā. Novērojumu laiks – 15 gadi.

Phare projekta „Atbalsts privāto mežu apsaimniekošanai Latvijā” (1995.–1997. g.g.) ietvaros 1997. gadā ierīkoti izmēģinājumu-demonstrējumu objekti ar dažādas biežības bērzu stādījumiem. Pētījumu mērķis – skaidrot kārpainā bērza augšanas gaitu un masas pieaugumu dažādas biežības plantāciju tipa stādījumos lauksaimniecības zemēs.

15-gadīgu bērzu stādījumu pēc shēmas 1 × 1 m variantā koku vidējais krūšaugsstuma caurmērs sasniedzis 7,1 cm; variantā 1 × 2 m – 8,8 cm, variantā 2 × 2 m – 10,5 cm, variantā 2 × 3 m – 10,4 cm un variantā 3 × 3 m – 12,6 cm. Abos sabiezinātajos variantos (1 × 1 un 1 × 2) koku krūšaugsstuma caurmēra vērtības ir būtiski zemākas nekā variantos 2 × 2, 2 × 3 un 3 × 3 ($P > 0,95$).

15-gadīgu bērzu stādījumu vidējais augstums variantos 1 × 1, 1 × 2, 2 × 2, 2 × 3 un 3 × 3 ir attiecīgi 11,1 m, 11,5 m, 11,6 m, 11,6 m un 12,7 m.

Sabiezinātajos bērzu stādījumos (1 × 1 un 1 × 2) fiksētas lielākas krājas – 153,9 m³ ha⁻¹ un 131,9 m³ ha⁻¹ – nekā stādījumos ar biežību 2500, 1600 un 1100 koki ha⁻¹, kur krāja attiecīgi ir 99,3 m³ ha⁻¹, 63,7 un 65,3 m³ ha⁻¹ un koku skaits uz 1 ha – 6581, 3704, 1782, 1012 un 841. Koku skaits variantos 15 gadu laikā samazinājies attiecīgi par 34 %, 26 %, 29 %, 37 % un 24 %.

Vidējā koka krūšaugsstuma caurmēra pieaugums variantā 1 × 1, 1 × 2, 2 × 2, 2 × 3 un 3 × 3 pēdējo 6 gadu (2005.–2011.) laikā attiecīgi ir 0,44 cm gadā, 0,61 cm gadā, 0,47 cm gadā, 0,61 cm gadā un 0,67 cm gadā, bet augstuma pieaugums – 0,97 m gadā, 1,0 m gadā, 0,85 m gadā, 0,83 m gadā un 1,0 m gadā.

Pētījumu dati liecina, ka, izvēloties bērzu stādījumu biežību, noteicošais faktors ir plantācijas audzēšanas mērķis, un ja paredzēta enerģētiskās koksnes ieguve, ieteicama sabiezinātu stādījumu ierīkošana.

Nozīmīgākie vārdi: bērzs, lauksaimniecības zeme, stādījuma biežība, augšanas gaita, augstums, caurmērs, krāja, saglabāšanās.

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

•••

Daugaviete, M.^{2*}, Liepiņš, K.², Liepiņš, J.² **The growth of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in plantations of different density.**

Abstract. Analysed is the growth of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in plantations of different density 15 years after establishment (1,100 (3 × 3 m); 1,600 (2 × 3 m); 2,500 (2 × 2 m); 5,000 (1 × 2 m), and 10,000 (1 × 1 m) trees ha⁻¹) in three trial plots on farmlands in the regions of Kuldīga, Madona and Rēzekne.

To follow up the course of growth and biomass increment in originally different density silver birch plantations on farmlands, demonstration and trial plots were accordingly established in 1997 in the framework of the Phare project „Support to the Development of Private Forestry in Latvia” (1995–1997).

The field data after 15 years show the diameter growth to differ significantly in different density plantations with the average d. b. h. for different variants as follows: 7.6 cm for Variant 1 × 1 m; 9.1 cm – for 1 × 2 m; 10 cm for 2 × 2 m; 10.4 cm – for 2 × 3 m; 12.4 cm – 3 × 3 m. Mathematical data treatment show that the differences between Variant 1 × 1 m and those of 2 × 2 m, 2 × 3 m and 3 × 3 m are significant ($P > 0.95$).

As to the growth in height, at the age of 15 years different density birch plantations show no significant differences: 11.1 m for Variant 1 × 1 m; 11.5 m – for 1 × 2 m; 11.6 m – for 2 × 2 m; 11.6 m – for 2 × 3 m; 12.7 m – for 3 × 3 m.

Overstocked plantations (10,000 trees ha⁻¹; 5,000 trees ha⁻¹) show significantly higher volume growth (153.9 m³ ha⁻¹ and 131.9 m³ ha⁻¹, respectively) compared to 99.3 m³ ha⁻¹, 63.7 m³ ha⁻¹, and 65.3 m³ ha⁻¹ for the density of 2,500 trees ha⁻¹, 1,600 trees ha⁻¹, and 1,100 trees ha⁻¹, respectively.

In case the plantation is intended for cultivating energy crops, the density of birch plantations is chosen higher (10,000 or 5,000 trees ha⁻¹) as at the age of 15 years the volume of fresh biomass would reach on the average 130 to 150 m³ ha⁻¹. In case the goal is cultivating birch for timber, it is economically more feasible to establish birch plantations of lower density.

Key words: birch plantations on farmlands; planting density; tree height; diameter, stock volume.

•••

Даугавиете, М.^{3*}, Лиепиньш, К.³, Лиепиньш, Я.³ **Ход роста культур березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.) в плантациях с различной густотой посадки.**

Резюме. В статье обобщены результаты исследований хода роста березы бородавчатой (*B. pendula* Roth.) в посадках с различной густотой: 1100 (3 × 3 м);

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

* e-mail: mudrite.daugaviete@silava.lv

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

1600 (2 × 3 м); 2500 (2 × 2 м); 5000 (1 × 2 м) и 10000 (1 × 1 м) деревьев на 1 га в сельскохозяйственных почвах. Срок наблюдений – 15 лет.

В 1997 году, в рамках выполнения проекта «Поддержка частным владельцам леса в Латвии» (1995–1997 гг.), были заложены березовые плантации с различной густотой, чтобы изучить ход роста и продуктивность березы на сельскохозяйственных почвах в зависимости от густоты посадки.

В 15-летнем возрасте, при схеме посадки 1 × 1 м (10000 деревьев на га), средний диаметр на высоте груди достиг 7,1 см, при схеме 1 × 2 м (5000 деревьев на га) – 8,8 см, при схеме 2 × 2 м (2500 деревьев на га) – 10,5 см, при схеме 2 × 3 м (1600 деревьев на га) – 10,4 см, при схеме 3 × 3 м (1100 деревьев на га) – 12,6 см. В более густых вариантах (1 × 1 и 1 × 2) величины среднего диаметра на высоте груди были существенно ниже по сравнению с вариантами 2 × 2, 2 × 3 и 3 × 3 ($P > 0,95$).

В 15-летних посадках по схеме 1 × 1 м, 1 × 2 м, 2 × 2 м, 2 × 3 м, 3 × 3 м средняя высота деревьев достигла соответственно 11,1 м; 11,5 м; 11,6 м; 11,6 м и 12,7 м.

В более густых посадках запас стволовой древесины достигает 153,9 м³ га⁻¹ (1 × 1 м) и 131,9 м³ га⁻¹ (1 × 2 м), а в посадках с густотой 2500; 1600 и 1100 деревьев на гектар – соответственно 99,3; 63,7 и 65,3 м³ га⁻¹.

Количество растущих деревьев, по сравнению с числом посаженных, в 15-летнем возрасте уменьшилось на 34 %, 26 %, 29 %, 37 % и 24 %, соответственно схемам посадки 1 × 1 м, 1 × 2 м, 2 × 2 м, 2 × 3 м, 3 × 3 м.

Среднегодовой прирост диаметра на высоте груди в вариантах посадки 1 × 1 м, 1 × 2 м, 2 × 2 м, 2 × 3 м, 3 × 3 м в периоде от 2005 до 2011 года составил соответственно 0,44 см, 0,61 см, 0,47 см, 0,61 см и 0,67 см год⁻¹, а среднегодовой прирост по высоте – соответственно 0,97 м, 1,0 м, 0,85 м, 0,83 м и 1,0 м год⁻¹.

Результаты исследований показывают, что выбор посадочной схемы зависит от цели выращивания березы. Для производства биомассы, чтобы обеспечить сырьем отрасль энергетики, рекомендуются более густые посадки.

Ключевые слова: береза бородавчатая, сельскохозяйственные земли, густота посадки, ход роста, прирост, высота, диаметр, продуктивность, сохранность.

Ievads

Bērzs, kā saimnieciski nozīmīga koku suga, ieņem arvien svarīgāku vietu mūsu valsts tautsaimniecībā, īpaši lauksaimniecībā neizmantojamo zemju apmežošanā. Bērzu raksturo strauja augšana jaunībā, kas saglabājas līdz pat 40-50 gadu vecumam. Turklāt bērzs, kā gaismas prasīga un ātraudzīga koku suga, strauji ieviešas atklātās platībās, ieņemot savu nišu ekoloģisko koku sugu grupā. Tajā pašā laikā zinātnieki secinājuši, ka bērzs ir arī izcili „ekonomiska” koku suga, kas piemērota gan šķeldas, gan apaļkoksnes ražošanai (Herajarvi, 2001, Verkasalo, 1997, Verkasalo *et al.*, 2006, Niemisto, Vaara, 1997; Dietrichson, 1996; Gamborg, 1995; Granhus and Dierichson, 1995 u.c.). Šo īpašību dēļ bērzu audzēšana strauji palielinās gan meža, gan nemeža zemēs, īpaši plantāciju tipa stādījumos neizmantojamās lauksaimniecības zemēs daudzās ziemeļvalstīs – Somijā, Zviedrijā, Igaunijā, Lietuvā, Dānijā, Vācijā, Polijā, Krievijā, kā arī Lielbritānijā, Īrijā, Kanādā u.c. Ziemeļvalstu zinātnieki par vienu no svarīgākajām bērza īpašībām atzinuši tā spēju samērā īsā laika periodā (15–20 gadi) saražot ievērojamu daudzumu biomasas, kas bērzu ierindo ātraudzīgu enerģētisko koku sugu skaitā (Verkasalo *et al.*, 2006). Ziemeļvalstu zinātnieki arī secinājuši – lai bērzu plantācijas būtu produktīvas, ir nepieciešami vairāki nosacījumi: 1) auglīgas augsnes ar noregulētu mitruma režīmu, 2) pietiekama augšanas telpa, 3) ģenētiski augstvērtīgs stādmateriāls, 3) vainaga garums nedrīkst samazināties vairāk par 50 % no koka garuma, 4) rūpīgi jāseko optimālas

augšanas telpas nodrošināšanai, veicot kopšanas cirtes, 5) kvalitatīvas stumbra koksnes ieguvei nepieciešamības gadījumā izdarāma atzarošana (Hynhynen, Niemisto, 2010; Saarasalmi, 2009; Niemisto, 1995; Oikarinen, Pyykkonen, 1981; Jogiste *et al.*, 2003 u.c.).

Zinātniskajā un zinātniski populārā literatūrā daudz diskutēts par optimālajiem bērzu plantāciju ierīkošanas un audzēšanas parametriem. Somu zinātnieki izstrādājuši tehnoloģijas bērzu plantāciju ierīkošanai un audzēšanai (Niemisto, 2000 u.c.), veikuši pētījumus par dažādas biežības bērzu plantāciju produktivitāti un apsaimniekošanu. Ieteikts bērzu plantācijas veidot ar sākotnējo koku skaitu 1600 gab. uz hektāra, un pirmo retināšanu veikt, kad koku augstums sasniedzis 13–14 m, atstājot 700 kokus uz hektāra. Nākamā retināšana izdarāma, kad koku augstums vidēji sasniedzis 20–30 m, atstājot 400 kokus ha⁻¹, bet kailcirtē koki izzāgējami 40–50 gadu vecumā. Līdzīgi pētījumi veikti arī Īrijā (Kremlis, 1994), Lielbritānijā (*Short Rotation Forestry Handbook*, 1995) un ASV (Comeau *et al.*, 1999).

Plašus pētījumus par bērza augšanas gaitu lauksaimniecības zemēs veikuši igauņu zinātnieki, salīdzinot bērza augšanas gaitu dabiski apmežojušās platībās un mākslīgi ierīkotās plantācijās (Jogiste *et al.*, 2010). Rezultāti liecina, ka, izmantojot ģenētiski augstvērtīgu stādmateriālu, mākslīgi ierīkotās bērzu plantācijas ir produktīvākas nekā dabiskās audzes (Hagqvist, Hahl, 1998; Keski-Suomessa, 2006).

Zinātnieki aprēķinājuši ekonomiski izdevīgāko bērzu plantāciju biežību saīs-

tībā ar izmantošanas veidu: enerģētiskās koksnes ražošanai ieteikta šāda plantāciju biežība – 6000–10000 gab. ha⁻¹, savukārt sortimentu ieguvei ieteikta ievērojami zemāka sākotnējā biežība – 1600–2000 gab. ha⁻¹ (Niemisto, 2000; Hynhynen and Niemisto, 2010).

Somijā veikti pētījumi par dažādas biežības bērzu stādījumu augšanas gaitu, izvēloties atšķirīgus starprindu attālumus un līdz ar to arī dažādu koku skaitu uz platības vienības – 400–5000 koki ha⁻¹, attālums starp rindām – no 3,5 m līdz 5 m. Rezultātā noskaidrots, ka biežākajos stādījumos, ar koku skaitu 4000 koki ha⁻¹ un virsaugstumu 15 m, gan krājas, gan augstuma rādītāji sāk samazināties aptuveni 20 gadu vecumā; savukārt lielākais krājas pieaugums šajā vecumā novērots variantos ar stādījumu biežību 2500 un 5000 koki ha⁻¹. Tomēr koksnes krāja šajos objektos ir par 20 m³ zemāka nekā variantā ar koku skaitu 1600 koki ha⁻¹. Mazākas biežības stādījumos, piemēram, 400 koki ha⁻¹, augstuma pieaugums ievērojami samazinās (Niemisto, 1995). Somu zinātnieki secinājuši, ka pārāk retas bērzu audzes (piemēram, ar attālumu starp rindām 5 m un vairāk) ekonomiski nav izdevīgas, jo koki augšanā ievērojami atpaliek, nevajadzīgi paplašinās vainaga apjoms, un līdz ar to bērzu stumbru kvalitāte ir zema.

Iepriekšējo gadu pētījumi Latvijā (Maike, 1947; Tauriņš, 1969; Matuzānis, 1985; Bisenieks, 1984; Zālītis P. un Zālītis T., 2002; Zālītis P. *et al.*, 2006; Zālītis T. and Zālītis P., 2007; Zālītis T., 2008) liecina, ka mūsu klimata apstākļos bērzs dod lielu masas pieaugumu un, mērķtiecīgi saim-

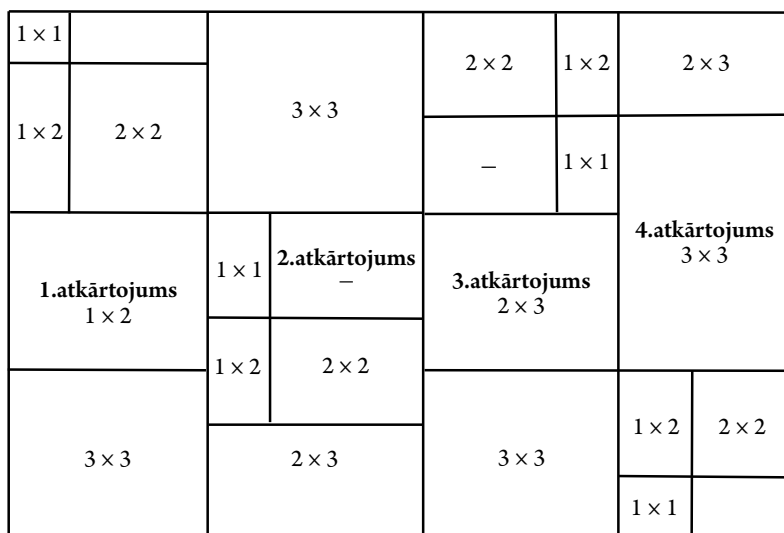
niekojot, tas sekmīgi audzējams gan enerģētiskās koksnes, gan dažādu sortimentu ieguvei.

No 1995. gada LVMI „Silava” sāka dažādu koku sugu, tai skaitā bērza, plantāciju ierīkošanas un audzēšanas optimālāko tehnoloģiju izstrāde, īpašu uzmanību pievēršot bērza augšanas gaitas izpētei saistībā ar dažādām audzēšanas tehnoloģijām (Daugaviete *et al.* 2003; Daugaviete 2006; Liepiņš, 2009; Liepiņš, 2011 u.c.).

PHARE projekta „Atbalsts privāto mežu apsaimniekošanai Latvijā” (1995.–1997. g.g.) ietvaros 1997. gadā ierīkoti izmēģinājumu-demonstrējumu objekti ar dažādas biežības bērzu stādījumiem, lai skaidrotu kārpainā bērza augšanas gaitu un masas pieaugumu dažādas biežības bērzu plantāciju tipa stādījumos lauksaimniecības zemēs.

Materiāls un metodes

Kārpainā bērza dažādas biežības stādījumi vidējas auglības lauksaimniecībā neizmantotajās zemēs (kadastra klase 28-33 balles) ierīkoti 1997. gadā 3 objektos: Kuldīgas rajona Padures pagasta saimniecībā „Rūmnieki”, Madonas rajona Vestienas pagasta saimniecībā „Birzes” un Rēzeknes rajona Maltas novada saimniecībā „Bitītes” pēc vienotas metodikas 5 variantos (katram 4 atkārtojumi): 1. variants – stādīšanas attālums 1x1 m – 10000 koki ha⁻¹; 2. variants – stādīšanas attālums 1x2 m, 5000 koki ha⁻¹; 3. variants – stādīšanas attālums 2x2 m, 2500 koki ha⁻¹; 4. variants – stādīšanas attālums 2x3 m, 1600 koki ha⁻¹; 5. variants – stādīšanas attālums 3x3 m, 1100 koki ha⁻¹ (1. attēls, 1. tabula).



1. attēls. Kārpainā bērza dažādas biežības izmēģinājuma stādījumu shēma.

Figure 1. Trial plantations of birch with different spacing of trees.

1. tabula, Table 1

Kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) dažādas biežības izmēģinājumu
saglabāšanās (2011. gads)

Stand density trials for birch (*Betula pendula* Roth) established in 1997: survival in 2011

Nr. p. k. No.	Objekta atrašanās vieta Location (region/community/ household)	Augsnes tips Soil type	Bērzu biežības izmēģinājums / atkārtojumi / koku skaits/ koku saglabāšanās % no sākotnējā Stand density trial / replications / number of stems per ha / survival, %				
			10000 gab. ha ⁻¹ (1 × 1 m)	5000 gab. ha ⁻¹ (1 × 2 m)	2500 gab. ha ⁻¹ (2 × 2 m)	1600 gab. ha ⁻¹ (2 × 3 m)	1100 gab. ha ⁻¹ (3 × 3 m)
1.	Kuldīga / Padure / Rūmnieki 57°03.047N 021°46.089E	VKt**	4/166/67	4/160/74	4/150/76	4/154/67	4/160/75
2.	Madona / Vestiena / Birzes 56°54.920N 025°57.262E	PVv*	-	1/156/66	2/156/66	2/143/67	1/156/70
3.	Rēzekne / Malta / Bitītes 56°14.763N 027°17.277E	PVv*	2/156/65	2/156/60	-	2/152/60	2/143/84

Apzīmējumi / legend: *PVv – velēnu podzolēta/ sod podzolic,
VKt – tipiska velēnu karbonātu / typical sod-calcareous.

Sākotnēji bērzu stādījumi ierīkoti ar samērā vienādu koku skaitu – 144–169 koki katrā atkārtojumā, kuros šobrīd koku skaits samazinājies – gan savstarpējas konkurences, gan savlaicīgi neveiktas kopšanas (dabīgs piemistrojums ar bērziem, priedi), gan saimnieciskās darbības (ceļu ierīkošana) dēļ.

Iepriekš izmēģinājuma stādījumi izvērtēti 2005. gadā (Daugaviete, 2006). Veicot atkārtotu stādījumu uzmērīšanu 2011. gadā, datu apstrādei un izvērtēšanai atlasīti tikai tie varianti un atkārtojumi, kuros saglabājušies 60 % un vairāk no sākotnējā kociņu skaita (1. tabula).

Objektos, katrā atkārtojumā, uzmērīts visu augošo bērzu augstums, cm, caurmērs krūšaugstumā, cm; uzskaitīta kociņu saglabāšanās un vitalitāte, kā arī aprēķināts vidējais augstums, vidējais krūšaugstuma caurmērs, vidējais šķērslaukums, vidējā koka tilpums un krāja, caurmēra un augstuma tekošais pieaugums.

Pielietojot mērījumu datus, katram parauglaukumam aprēķināti šādi rādītāji:

1. audzes vidējais caurmērs un šķērslaukums:

audzes vidējais caurmērs aprēķināts kā vidējais svērtais no koku caurmēra pakāpju šķērslaukumiem:

$$g_v = \frac{g_1 \cdot n_1 + g_2 \cdot n_2 + \dots + g_n \cdot n_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n} \quad (1)$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot g_v}{\pi}} \quad (2)$$

2. audzes šķērslaukums:

$$G = g_v \cdot N, \quad \text{kur} \quad (3)$$

$g_{1\dots n}$ – atsevišķa koka šķērslaukums, m²;

$n_{1\dots n}$ – koku skaits;

g_v – vidējais šķērslaukums, m².

3. Audzes krāja, kuras aprēķinām izmanto-ta I. Liepas (Liepa, 1996) formula:

$$V = \psi \cdot h^\alpha \cdot d_v^{\beta \cdot \lg h v + \varphi}, \quad \text{kur} \quad (5)$$

h_v – vidējais augstums pēc augstumlīknes, m;

d_v – vidējais caurmērs, cm;

$\psi, \alpha, \beta, \varphi$ – no koku sugas atkarīgi tilpīguma koeficienti.

Stumbra tilpīguma koeficienti bērzam ir šādi:

$$\psi = 9,09 \cdot 10^{-4}; \quad \alpha = 0,71677;$$

$$\beta = 0,16692; \quad \varphi = 1,75701 \quad (\text{Liepa, 1996}).$$

Datu matemātiskā apstrāde un ticamības aprēķināšana veikta ar matemātiskās statistikas metodēm, izmantojot Microsoft Office Excel 2003 programmu un izskaitļojot vidējos datus, standartnovirzes un relatīvo kļūdu ar SPSS programmu (Arhipova un Bāliņa, 2006).

Rezultātu analīze un diskusija

Izvērtējot izmēģinājuma stādījumus 2005. gadā (Daugaviete, 2006), secināts, ka kociņu diferencēšanās savstarpējas konkurences rezultātā notikusi variantos, kur kociņu skaits bijis 10000 koki ha⁻¹, kas saglabāties 85 % robežās, bet pārējos variantos praktiski palicis nemainīgs. Veicot atkārtotu stādījumu uzmērīšanu 2011. gadā, konstatēts, ka kociņu skaits ir samazinājies visos izmēģinājuma variantos un šobrīd tas ir:

variantā 1 × 1 – 6581 koki ha⁻¹,

variantā 1 × 2 – 3704 koki ha⁻¹,

variantā 2 × 2 – 1782 koki ha⁻¹,

variantā 2 × 3 – 1012 koki ha⁻¹ un

variantā 3 × 3 – 841 koki ha⁻¹.

Koku skaits variantos 15 gadu laikā samazinājies attiecīgi par 34 %, 26 %, 29 %,

37 % un 24 %.

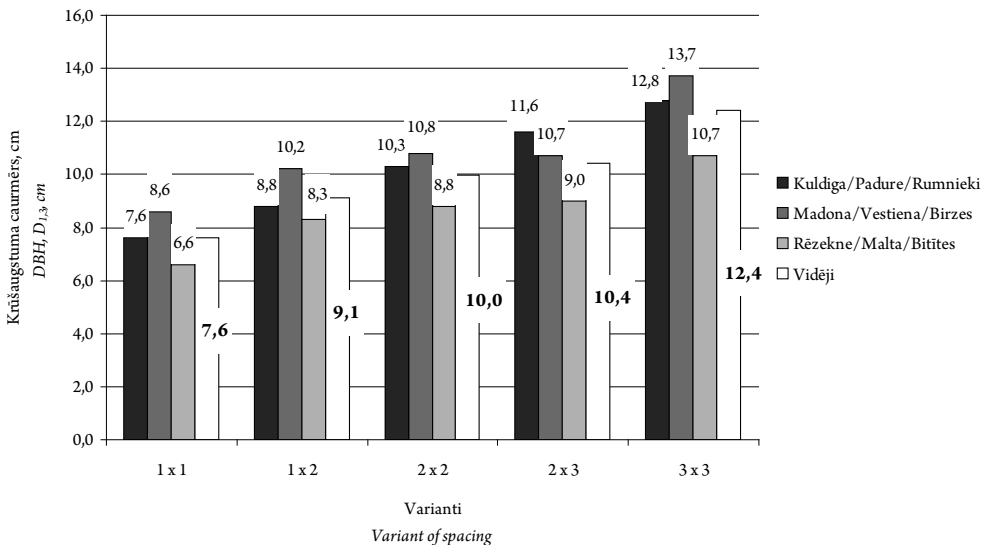
Rezultātu izvērtēšanai atlasīti tikai tie varianti un atkārtojumi, kur koku skaits saglabājies 60 % līmenī un vairāk, salīdzinot ar sākotnējo (1. tabula).

Kā izriet no 1. tabulas, izvērtēti dati no visiem 3 izmēģinājumu objektiem, t.sk. 6 atkārtojumi variantam 1 × 1 (10000 koki ha⁻¹) un variantam 2 × 2 (2500 koki ha⁻¹), kā arī 7 atkārtojumi variantam 2 × 3 (1600 koki ha⁻¹) un 3 × 3 (1100 koki ha⁻¹).

Secināts, ka augšanas telpas, apgaismojuma u.c. faktoru (pieņēmums balstīts uz literatūras datiem, jo augšanas apstākļu izmaiņas nav pētītas) izmaiņas būtiski ir ietekmējušas kociņu caurmēra pieaugumu (2. attēls). Izmēģinājuma ob-

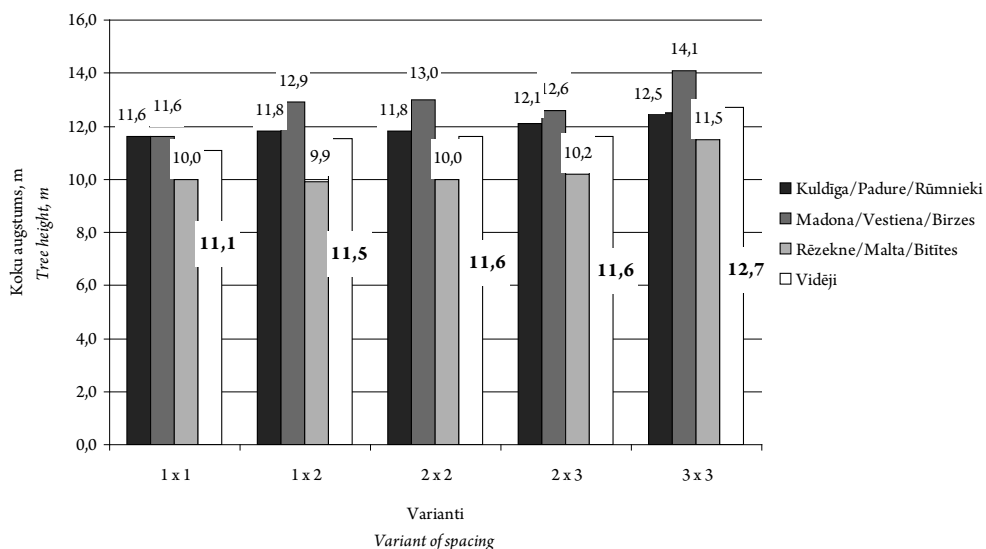
jektos, variantā 1 × 1, bērzu vidējais krūšaugstuma caurmērs 15 gados sasniedzis 6,6–8,6 cm, vidēji 7,6 cm; variantā 1 × 2 – 8,3–10,2 cm, vidēji 9,1 cm; variantā 2 × 2 – 8,8–10,8 cm, vidēji 10 cm; variantā 2 × 3 – 9,0–10,7 cm, vidēji 10,4 cm un variantā 3 × 3 – 10,7–13,7 cm, vidēji 12,4 cm. Datu matemātiskā apstrāde liecina, ka būtiskas ir atšķirības starp variantu 1 × 1 un variantiem 2 × 2, 2 × 3 un 3 × 3 ($P < 0,05$).

Izvērtējot bērzu augstumu dažādos variantos, konstatēts, ka koku augstumu atšķirības nav būtiskas: variantā 1 × 1 un variantos 1 × 2, 2 × 2, 2 × 3 vidējais augstums atšķiras ne vairāk kā par 0,5 m, bet pēdējos 3 variantos koku vidējie augstumi savstarpēji praktiski neatšķiras (3. attēls).



2. attēls. Kārpainā bērza krūšaugstuma caurmērs 15 gadu vecumā dažādās biežības variantos, 2011. gads.

Figure 2. DBH of 15-year old birch plantations in different variants of density, data of 2011.



3. attēls. Kārpainā bērza augstums atkarībā no biežības, 2011. gads.

Figure. 3. Mean height of birch in different variants of density, data of 2011.

Koku caurmēra un augstuma atšķirības ietekmējušas vidējo koka masu, kas ir būtiski zemāka lielākas biežības variantos – 1 × 1, 1 × 2 un 2 × 2 (2. tabula).

2. tabula, Table 2

Kārpainā bērza vidējā koka tilpuma izmaiņas dažādās biežības variantos, 2011. gads
Mean variations in tree volume in different variants of spacing, data of 2011

Nr. p. k. Na.	Objekti / varianti Object / variant of spacing	Vidējā koka tilpums, m ³ Mean volume, m ³				
		1 × 1	1 × 2	2 × 2	2 × 3	3 × 3
1.	Kuldīga / Padure / Rūmnieki	0,02725	0,03562	0,0516	0,060336	0,080156
2.	Madona / Vestiena / Birzes	0,03534	0,05303	0,06046	0,05921	0,10251
3.	Rēzekne / Malta / Bitītes	0,01937	0,02983	0,03272	0,03595	0,05496
4.	Vidēji / Mean values	0,02732	0,03949	0,04826	0,051832	0,079210

Vidējā koka masa būtiski atšķiras variantā 1 × 1, salīdzinot ar variantu 2 × 3 un 3 × 3, kā arī variantos 1 × 2 un 2 × 2, salīdzinot ar variantu 3 × 3 ($P < 0,05$).

Kopējais audzes šķērslaukums un krāja ir atkarīga no koku skaita uz 1 ha, un līdz 15 gadu vecumam lielākās krājas vērtības uzrāda varianti 1 × 1, 1 × 2 un 2 × 2 (3. tabula).

Pētījuma rezultāti liecina, ka bērza augšanas gaitu lielā mērā ietekmē ne tikai dažādās augsnes (Daugaviete, 2002; Liepiņš, 2011), bet arī vairāki citi faktori, kā, piemēram, nodrošinājums ar barības vielām, apgaismojums, gaisa temperatūra u.c. (Kāposts *et al.*, 2006). Viens no rādītājiem, kas tieši raksturo iepriekšminēto parametru ietekmi uz bērza augšanas apstākļiem, ir kociņu saglabāšanās, kas 15-gadīgās plantācijās variē 63–76 % robežās (3. tabula).

Izvērtējot izlases datu ticamību,

noteikta vidējā relatīvā standartkļūda, kas liecina, ka izlases datu reprezentativitātes novērtējums ir augsts: S_x atrodas robežās 0 %....2 %. (Arhipova un Bāliņa, 2006).

Slaiduma koeficienta HD^{-1} attiecība dažādās biežības variantos mainās robežās no 1,5 (1 × 1) līdz 1,0 (3 × 3). Kā atzīmē T. Zālītis, auglīgajos meža tipos attiecība HD^{-1} vienmēr ir lielāka par 1,0, un vitālo bērzu audžu, ar vidējo augstumu 5 m < H < 20 m HD^{-1} , modālā vērtība ir 1,5 (Zālītis, 2008). Mūsu pētījuma dati saskan ar T. Zāliša konstatēto: bērzu sniegliece sabiezinātajos stādījumos netika novērota.

Vidējā koka krūšaugsstuma caurmēra pieaugums variantā 1 × 1, 1 × 2, 2 × 2, 2 × 3 un 3 × 3 pēdējo 6 gadu (2005.–2011.) laikā attiecīgi ir – 0,44 cm gadā, 0,61 cm gadā, 0,47 cm gadā, 0,61 cm gadā un 0,67 cm gadā, bet augstuma pieaugums attiecīgi – 0,97 m gadā, 1,0 m gadā, 0,85 m gadā, 0,83 m gadā un 1,0 m gadā (4. tabula).

3. tabula, Table 3

Vidējie taksācijas rādītāji 15-gadīgos kārpainā bērza stādījumos dažādās biežības variantos, $m^3 ha^{-1}$

Mean stand data in 15-yr.-old birch plantations of different density, $m^3 ha^{-1}$

Variant Planting pattern	1 koka šķērslaukums, m^2 Mean basal area for mean tree, m^2	Koku skaits uz 1 ha Number of trees per ha	Šķērslaukums, $m^2 ha^{-1}$ Stand basal area, $m^2 ha^{-1}$	Vidējais krūšaugs- stuma cau- rmērs ± standart- novirze, cm DBH, cm ± standard deviation	$H_{vid} ±$ standart- novirze, m Mean height ± standard deviation, m	Krāja, $m^3 ha^{-1}$ Volume, $m^3 ha^{-1}$	Izlases vidējā relatīvā standartkļūda,% Mean error of standard devia- tion, %
1 × 1	0,003951	6581	26	7,6±2,4	11,1±2,3	154,9	1,1
1 × 2	0,006021	3704	22,3	9,1±2,8	11,5±1,6	131,9	1,3
2 × 2	0,008754	1782	15,6	10±3,2	11,6±2,0	99,3	0,9
2 × 3	0,010375	1012	10,5	10,4±2,7	11,6±2,3	63,7	1,2
3 × 3	0,012009	841	10,1	12,4±2,5	12,7±1,8	65,3	1,1

4. tabula, Table 4

Vidējā koka caurmēra un augstuma pieaugums kārpainā bērza dažādas biežības stādījumos, 2005.–2011. g.g.

Increase in mean DBH and tree height for birch depending on planting density

Variants Planting pattern	2005. gads		2011. gads		Vid. caurmēra pieaugums, cm gadā Mean dia- meter of increment, cm per yr.	Vid. augstuma pieaugums, m gadā Mean height of increment, m per yr.
	Vid. caur- mērs, cm Mean dia- meter, cm	Vid. augs- tums, m Mean height, m	Vid. caur- mērs, cm Mean dia- meter, cm	Vid. augs- tums, m Mean height, m		
1 × 1	5,4	5,3	7,6	11,1	0,44	0,97
1 × 2	5,4	5,4	9,9	11,5	0,61	1,00
2 × 2	7,2	6,5	10,0	11,6	0,47	0,85
2 × 3	6,7	6,6	10,4	11,6	0,61	0,83
3 × 3	7,4	6,7	12,4	12,7	0,67	1,00

Pētījumi liecina, ka, izvēloties lielākas biežības bērzu stādījumus (10000 un 5000 koki ha⁻¹), saimnieciski izdevīga būtu to izmantošana enerģētiskās koksnes ražošanai, jo no 1 ha vidēji iegūstami no 130 līdz 150 m³ ha⁻¹ zaļās masas. Savukārt, ja bērzu audzēšanas mērķis ir sortimentu iegūšana, būtu veidojami retākas biežības stādījumi.

Līdzīgi secinājumi iegūti arī Somijā, Zviedrijā, Kanādā (Hynhynen and Niemisto, 2010). Mūsu izmēģinājumu rezultāti saskan ar somu zinātnieku secināto, ka koku augstuma pieaugumi sabiezinātos stādījumos neatpaliek no koku augstumu pieaugumiem retākos stādījumos (Niemisto, 1995), bet, lai novērstu turpmāku šo stādījumu augšanas gaitas atpalcību, veicama to kopšana.

Secinājumi

1. Dažādas biežības 15-gadīgos bērzu stādījumos būtiski atšķiras stumbru caurmēra pieaugumi. Variantā 1 × 1 izmēģinājuma objektos bērzu vidējais krūšaugstuma caurmērs sasniedz 7,6 cm; variantā 1 × 2 – 9,1 cm, variantā 2 × 2 – 10 cm, variantā 2 × 3 – 10,4 cm un variantā 3 × 3 – 12,4 cm. Datu matemātiskā apstrāde liecina, ka atšķirības ir būtiskas starp variantu 1 × 1 un variantiem 2 × 2, 2 × 3 un 3 × 3 ($P < 0,05$).
2. Dažādas biežības 15-gadīgi bērzu stādījumi neuzrāda būtiskas koku augstuma atšķirības dažādos variantos: augstums variantā 1 × 1 – sasniedz 11,1 m, 1 × 2 – 11,5 m, 2 × 2 – 11,6 m, 2 × 3 – 11,6 m un variantā 3 × 3 – 12,7 m.
3. Sabiezinātie bērzu stādījumi (10000 koki ha⁻¹, 5000 koki ha⁻¹) uzrāda būtiski lielākas krājas – 153,9 m³ ha⁻¹ un 131,9 m³ ha⁻¹ – nekā stādījumi ar biežību 2500, 1600 un 1100 koki ha⁻¹, kur krāja attiecīgi ir 99,3 m³ ha⁻¹; 63,7 un 65,3 m³ ha⁻¹.

4. Ierikojot lielākas biežības bērzu stādījumus (10000 koki ha⁻¹, 5000 koki ha⁻¹), saimnieciski izdevīga varētu būt to izmantošana enerģētiskās koksnes ražošanai, jo jau 15-gadīgā stādījumā iegūstami vidēji no 130 līdz 150 m³ ha⁻¹ zaļās masas. Turpretī retākas biežības stādījumu veidošana būtu ekonomiski lietderīga, ja bērzi tiktu audzēti sortimentu ieguvei.

Pateicība: publikācija sagatavota Eiropas Reģionālā attīstības fonda projekta „Bērza koksnes plantāciju ierīkošanas un apsaimniekošanas tehnoloģiju izstrāde” (vienošanās Nr. 2010/0319/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/136) ietvaros.

Literatūra

- Ahtikoski, A., Paatalo, M-L., Niemisto, P., Karhu, J. & Poutiainen, E.** (2004). Effect of alternative thinning intensities on the financial outcome in silver birch (*Betula pendula* Roth) stands: a case study based on long-term experiments and MOTTI stand simulator. *Baltic Forestry* 10(2): 46–55.
- A brief literature review of the status early stand density management in other forest industrialized countries. (2002) Forest Practices Section. British Columbia. Forest Service, June, 7 pp.
- Augsnes īpašību ietekme uz bērza stādījumu augšanas rādītājiem bijušo lauksaimniecības zemju platībās (2006). Zin. vad. Kāposts, V. LVMI „Silava”, Salaspils, 97 lpp.
- Bisenieks, J.** (1984). Krājas kopšanas ciršu modelis bērza audzēs. *Mežsaimniecība un mežrūpniecība*, Nr. 4, 16.–19. lpp.
- Comeau, P., Wang, J., Coopersmith, D.** (1999). Effects of spacing paper birch- mixedwood stands in Central British Columbia. FRBCProject HQ96423-RE (MOF EP 1193), January, 7 p.
- Daugaviete, M.** (2005). Stādījumu biežības ietekme uz bērza (*Betula pendula* Roth.) augšanas gaitu un masas pieaugumu lauksaimniecības zemju apmežojumos. *Mežzinātne* 15(48), 14.–25. lpp.
- Daugaviete, M., Krūmiņa M., Kāposts, V., Lazdiņš, A.** (2003). Farmland afforestation: the plantations of birch *Betula pendula* Roth. on different soils. *Baltic Forestry*, Vol. 9, No. 1, pp. 9–22.
- Dietrichson, J.** (Ed.) (1996). Silviculture for fuelwood. Proceedings from IEA Bioenergy Task XII Activity on “Forest Management”, Asker, Norway, September 4–6, 1995. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, Supplement No. 24, 88 pp.
- Gamborg, C.** (1995). Production of woody biomass for energy at different silvicultural systems. Proceedings from IEA Bioenergy Task XII Activity on “Forest Management”, Asker, Norway, September 4–6. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, Supplement No. 24, pp. 15–24.
- Granus, A. and Dietrichson, J.** (1995). Yield of biomass in young mixed forests of

- birches (*Betula pendula* Ehrh. & *Betula pubescens* Roth) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Proceedings from IEA Bioenergy Task XII Activity on “Forest Management”, Asker, Norway, September 4-6. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, Supplement No. 2.
- Keski-Suomessa (2010). Summary: Genetic gain provided by seed orchards of Silver birch in Southern and Central Finland. Reports from the Foundation for Forest Tree Breeding 13. [In Finnish].
- Heräjärvi, H.** (2001). Technical properties of mature birch (*Betula pendula* and *B. pubescens*) for saw milling in Finland. *Silva Fennica* 35: 469–485.
- Hynynen, J, Niemistö, P.** (2009). Silviculture of Silver Birch in Finland. http://www.waldwissen.net/lernen/weltforstwirtschaft/fva_birke_waldbau_finnland/index_EN.
- Jogiste, K., Vares, A., Sendros, A.** (2003). Restoration of former agricultural fields in Estonia: comparative growth of planted and naturally regenerated birch. *Forestry* (2010) 83(1): 103–119.
- Liepiņš, K.** (2011). Kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth) jaunaudžu augšanas gaita stādījumos lauksaimniecības zemē. *Mežzinātne* 23(56): 3–14.
- Matuzānis, J.** (1985). Audžu augšanas gaitas un produktivitātes modeļi. Jaunākais mežsaimniecībā, Nr. 27, 17.–24. lpp.
- Niemisto, P.** (1995). Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula* Roth.) Finnish Forest Institute. Muhos Research Station, Muhos, Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10/3: 235–244.
- Niemisto, P.** (1996). Yield and quality of planted silver birch (*Betula pendula*) in Finland – Preliminary review. *Norw. J. Agr. Sc., Suppl.* 24: 51–59.
- Niemisto, P. & Väärä, T.** (eds.) (1997). Silver Birch Today and in the Future. Research Day in Tampere, March 12. Finnish For. Res. Inst., Res. Pap. 668: 127–140.
- Oikarinen, M.** (1983). Summary: Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 113: 1–75.
- Oikarinen, M. and Pyykkönen, J.** (1981). The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained *Myrtillus* spruce swamp in Ostrobothnia. *Folia Forestalia* 486, 15 p.
- Oikarinen, M.** (1983). Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 113, 75 p. (in Finnish with English summary).
- Short Rotation Forestry Handbook (1995). UK, University of Aberdeen, <http://www.abdn.ac.uk>.
- Tauriņš, J.** (1969). Pieauguma dinamika un kopšanas ciršu teorētiskie pamati

Latvijas PSR bērza audzēs. Disertācija. Rīgā, 144 lpp.

Zālītis, P. Zālītis, T. (2002). Bērza jaunaudzū kopšana. Mežzinātne, 12(45), 3.–16. lpp.

Zālītis, P., Lībiete, Z., Zālītis, T. (2006) Mērķtiecīgi izveidoto kokaudžu augšanas gaita un strukturēšanās. Mežzinātne, 16(49), 9.–20. lpp.

Zālītis, T., Zālītis, P. (2007) Growth of Young Stands of Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) Depending on Pre-Commercial Thinning Intensity. Baltic Forestry, 13(1), p. 61–68.

Zālītis, T. (2008) Kārpainā bērza (*Betula pendula* Roth.) augšanas gaitu un stumbra kvalitāti ietekmējošie faktori auglīgajos meža tipos Latvijā. Promocijas darba kopsavilkums. Jelgava, 52 lpp.