

AUGSTUMLĪKNES IZMANTOŠANA PARASTĀS PRIEDES PĒCNĀCĒJU PĀRBAUŽU STĀDĪJUMOS Ā.Jansons, LVMI „Silava”

Kopsavilkums: Rakstā analizēti 3 atšķirīgi parastās priedes pluskoku brīvapputes pēcnācēju iedzimtības pārbažu stādījumi (kopumā 255 ģimenes). Konstatēts, ka ģenētisko faktoru ietekme uz koku hd^{-1} attiecību ir būtiska ($\alpha=0,001$). Starp tieši uzmērīto un pēc 9 koku augstumlīknes aprēķināto koku augstumu konstatēta cieša ($r=0,82 - 0,88$) un būtiska ($\alpha=0,001$) korelācija, atšķirība starp šiem rādītājiem vidēji ir 6-9% (0,8-1 m) un maksimāli 18-76% (2,9-5,2 m). Ņemot vērā nelielo koku skaitu katrā ģimenē (11-23 gb.), kas samazina augstumlīknes izmantošanas lietderību, kā arī šīs metodes nozīmīgo ietekmi uz ģimeņu ranžējumu, augstumlīkņu izmantošana 26-32 gadus vecu parastās priedes pēcnācēju pārbažu stādījumu novērtēšanā nav rekomendējama.

Nozīmīgākie vārdi: pēcnācēju pārbaudes, augstumlīkne

А.Янсонс, ЛГИЛН «Силава». **Применение кривой высот в проверочных насаждениях потомства сосны обыкновенной**

Резюме: Проанализировано 3 разных насаждений потомства плюсовых деревьев свободного опыления (всего 255 семей). Установлено, что влияние генетического фактора на соотношение hd^{-1} является существенной ($\alpha=0,001$). Констатируется тесная ($r=0,82 - 0,88$) и существенная корреляция между непосредственно измеренной высотой дерева и высотой, выявленной по кривой высот 9-ти деревьев. Разница между этими показателями составляет в среднем 6-9% (0,8-1 м), а максимально 18-76% (2,9-5,2 м). Имея в виду небольшое количество деревьев в каждой семье (11-23), что снижает целесообразность использования кривых высот, а также существенное влияние данного метода на ранжирование семей, применение кривой для оценки проверочных насаждений потомства сосны обыкновенной в 26-32-летнем возрасте не рекомендуется.

Ключевые слова: кривая высот, проверочное насаждение, потомство, генетический фактор.

Ā.Jansons, LFRI „Silava”. **Possible use of height curve in evaluation of Scots pine progeny trials.**

Summary: Three open pollinated Scots pine progeny trial, which consists from 255 families in total, have been analyzed. Genetic factors have significant ($\alpha=0,001$) influence to hd^{-1} relationship of trees. Correlation among tree heights calculated from height curve (derived from 9 trees from each family) and measured directly are high ($r=0,82 - 0,88$) and significant ($\alpha=0,001$). Differences among the height obtained with both method's are in average 6-9% (0,8-1 m), maximal 18-76% (2,9-5,2 m).

Considering the low number of trees (11-23) per family, that diminishes importance to use height curve, and considerable family rank changes in same cases, if direct measurements are not used, it is not recommended to apply height curve in 26-32 years old Scots pine progeny trials.

Key words: progeny trials, height curve.

Ievads

Parastās priedes selekcijas darbs uzsākts pagājušā gadsimta piecdesmitajos gados, atlasot mežaudzēs vairāk nekā 700 pluskokus un ierīkojot pirmās sēklu plantācijas. Lai novērtētu ne tikai pluskoku fenotipisko, bet arī ģenētisko kvalitāti, ierīkotas to pēcnācēju pārbaudes. Process visaktīvāk noticis septiņdemitajos gados un līdz astoņdesmito gadu vidum (Baumanis u.c., 1994). Pašreiz saglabājušies un identificēti 57 ha pēcnācēju pārbaužu stādījumi: kopumā 49 objekti, lielākoties vecumā no 25 līdz 35 gadiem. Aktuāla ir to uzmērīšana un labāko vecāku koku vai, ja tie vairs nav pieejami, pēcnācēju atlase nākamās kārtas sēklu plantāciju ar augstāku ģenētisko vērtību ierīkošanai un selekcijas darba turpināšanai, veidojot kontrolētus krustojumus un meklējot vēl produktīvākas un kvalitatīvākas kombinācijas.

Viens no nozīmīgākajiem kritērijiem stādījumu novērtēšanā ir koku augstums, kam parasti raksturīga augstāka iedzimtība (Kowalczyk, 2005, Danusevičius, 2000, Haapanen u.c., 1997) un zemāka fenotipiskā variācija (Hannrup u.c., 1998) nekā koku caurmēram. Koku augstumu mazāk ietekmē konkurences faktori, tam raksturīga arī pozitīva (no selekcijas viedokļa) ģenētiskā korelācija ar vairumu kvalitāti raksturojošām pazīmēm (Haapanen u.c., 1997). Augstums tādēļ uzskatāms par vienu no svarīgākajiem lielumiem selekcijas parauglaukumu novērtēšanā. Turklāt tas nepieciešams stumbru tilpuma un krājas aprēķiniem.

Koku augstumu noteikšana 25-35 gadus vecos parastās priedes stādījumos praktiski veicama tikai ar elektronisko augstummēru, bet process ir ļoti darbietilpīgs. Ņemot vērā nozīmīgo uzmērāmās platības apjomu, lietderīgi novērtēt, vai augstumlīkņu izmantošana nesamazina darbam nepieciešamo laiku (un ar to saistītās izmaksas). Svarīgi novērtēt arī ar augstumlīkni iegūto lielumu precizitāti, kas ir būtiska korektai ģimeņu ranžēšanai un nekļūdīgai ģenētiski vērtīgāko mātes koku atlasei.

Materiāls

Analīzei izmantoti pavisam 5083 koki, katram veikti augstuma un caurmēra mērījumi. Dati iegūti no 3 parastās priedes pluskoku pēcnācēju pārbaužu stādījumiem, kas atrodas netālu viens no otra Meža pētīšanas stacijas “Kalsnavas mežu novada” teritorijā.

Eksperiments 1 – stādījums ierīkots 1980. gadā silā, ar

viengadīgiem sējeņiem. Uzmērīšanas brīdī koku vecums bija 26 gadi. Eksperimentā tika iekļautas 158 ģimenes (ar „ģimeni” saprotot visus viena mātes koka pēcnācējus), dažas no tām 2 reizes, rezultātā iegūstot 165 variantus. Izmantotas rindu parces: attālums starp kokiem rindā 1 m, starp rindām 2 m; kopumā 8 atkārtojumos.

Eksperimenti 2 un 3 – ierīkoti 1974. gadā mētrājā un damaksnī ar divgadīgiem stādiem. Uzmērīšanas brīdī koku vecums bija 32 gadi. Eksperimentos iekļautas attiecīgi 48 un 49 priedes pluskoku ģimenes. Izmantotas bloku parces (3 rindas pa 5 kokiem katrā), attālums starp kokiem rindā 1 m, starp rindām 2 m; kopumā 4 atkārtojumos.

No analīzes izslēgtas ģimenes, kuras nav stādītas visos konkrētā eksperimenta atkārtojumos, un trupes ietekmētās parces, kā arī ieplakā ar atšķirīgu augsni stādītais materiāls eksperimenta 1., 7. un 8. atkārtojuma daļā.

Metodika

Augstumlīknes konstruēšana veikta saskaņā ar vispārpieņemtajiem principiem (Sarma, 1948) – no katras ģimenes atlasīti 3 vai 5 tievi, vidēji un resni koki, neizmantojot 2 pašus tievākos un 2 pašus resnākos kokus. Skaitis izvēlēts tā, lai tas nepārsniegtu pusi no ģimenē ietilpstošo koku daudzuma, tātad kopumā izmantoti 9 koki no ģimenēm ar koku skaitu ≥ 18 un 15 koki no ģimenēm ar koku skaitu ≥ 30 . Koku skaits 18 un vairāk **eksperimentā 1** bija 134 ģimenēm (no 165), **eksperimentā 2** – 21 (no 48) un **eksperimentā 3** – 2 no 49 ģimenēm, koku skaits 30 un vairāk – attiecīgi 27, 3 un nevienai ģimenei.

Lai izslēgtu iespējamā augsnes nevienmērīguma ietekmi uz rezultātiem, augstumlīknes veidošanai no katras ģimenes būtu jāizvēlas vairāku (vislabāk – visu) atkārtojumu koki. Taču, ņemot vērā mazo koku skaitu (**eksperimentā 1** katrai ģimenei katrā atkārtojumā bija vidēji 2,8 koki, **eksperimentā 2** – 4,2 koki, bet **eksperimentā 3** – 2,8 koki), tas praktiski nebija izdarāms.

Augstumlīknes veidošanai izmantota naturālā logaritma funkcija, kurai, atšķirībā no polinoma, nav raksturīgs pārliekums (respektīvi, lielāka caurmēra kokiem nevar būt mazāks augstums nekā mazāka caurmēra kokiem).

Koku tilpumi noteikti pēc Ozoliņa (1997) tabulām.

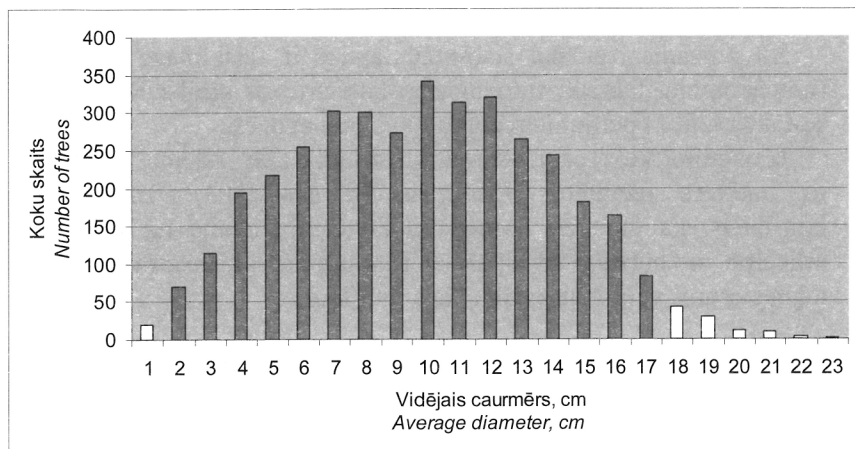
Rezultāti

Ģenētisko faktoru nozīme augstuma-caurmēra attiecības noteikšanā

Augstumlīknes izveidē pamatelements ir koku augstuma/caurmēra attiecība (hd^{-1}). Vispirms novērtējams, vai nav iespējams veidot vienotu augstumlīkni visam eksperimentam (kas būtu izdarāms lētāk un ātrāk), respektīvi, vai ģimenes kā faktora ietekme uz koku hd^{-1} attiecību ir būtiska. Ja tāda tā nav, tad no selekcijas stādījumu izvērtēšanas viedokļa augstumu uzmērīšanai nav nozīmes. Var veidot vienotu augstumlīkni visam eksperimentam, aprēķinot ģimeņu krājas (uzskatāmības dēļ), bet par atlases kritēriju augstumu neizmantojot.

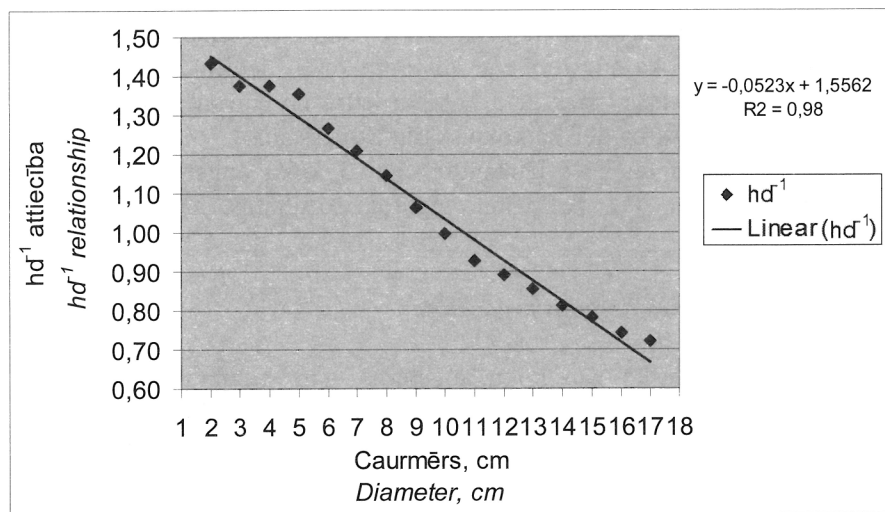
Augstumlīknes konstruēšanai par pamatu ņemti individuālo koku caurmēru mērījumi, taču to vidējās vērtības ģimenēm ir atšķirīgas. Ja caurmēra ietekme uz hd^{-1} attiecību ir būtiska un tiek izmantoti atbilstoši nekorigēti dati, nebūs iespējams noteikt, vai ģimenes ietekme uz hd^{-1} attiecību ir nozīmīga ģenētisku faktoru vai atšķirīgu koku vidējo caurmēru dēļ. Tādēļ vispirms jānovērtē, vai koku caurmērs nekoptā vienvecuma tīraudzē neatstāj būtisku ietekmi uz hd^{-1} attiecību. Analīzes vajadzībām koki katrā eksperimentā grupēti 1 cm caurmēra pakāpēs un izmantotas tikai tās grupas, kurās mērījumu skaits lielāks par 50 (eksperimentā 1) vai 25 (eksperimentos 2 un 3) (1. att.).

Konstatēts, ka koka caurmēra ietekme uz hd^{-1} attiecību ir būtiska visos 3 eksperimentos $\alpha=0,001$ līmenī. Turklāt starp koku caurmēru un hd^{-1} attiecību pastāv cieša ($r^2=0,97-0,99$) lineāra sakarība – palielinoties koku caurmēram, samazinās hd^{-1} attiecības vērtība (2. att.)



1. attēls. Koku sadalījums pa caurmēra pakāpēm parastās priedes stādījumā 26 gadu vecumā.

Fig. 1. Distribution of trees to diameter classes in Scots pine plantation in age 26 years.



2. attēls. Augstuma/caurmēra attiecība saistībā ar koka caurmēru parastās priedes stādījumā 26 gadu vecumā.

Fig. 2. Height/diameter relationship depending from tree diameter in Scots pine plantation in age 26 years.

Kā redzams, zemākā stabilitāte audzē ir tieši mazo caurmēru (nomāktajiem, faktiski starpaudzes) kokiem, kas atbilst P.Zālīša un T.Zālīša (2002) pētījumu rezultātiem bērzu audzēs.

Izmantojot koka caurmēru kā kovarianti, tiek izslēgta tā ietekme uz analīzes rezultātu (Arhipova, Bāliņa, 2003). Tādā veidā konstatēts, ka ģimenes (ģenētisko faktoru) ietekme uz koku hd^{-1} attiecību ir būtiska ($\alpha=0,001$). Tas nozīmē, ka katrai ģimenei nepieciešams veidot atsevišķu augstumlīkni.

Augstumlīknes veidošanai nepieciešamais koku skaits

Turpmākai analīzei nozīmīgs ir jautājums, vai to augstumlīkņu, kuru veidošanā izmantoti 3 un 5 koki (turpmāk tekstā – 3 un 5 koku augstumlīkne) katrā caurmēra grupā (tievie, vidējie, resnie), lielumi atšķiras būtiski. Atņemot augstumus, kas iegūti no 5 koku līknes, no augstumiem, kas iegūti no 3 koku līknes vieniem un tiem pašiem kokiem, konstatēts, ka starpība ir robežās no +1 līdz -1,2 m. Starpības moduļa vidējā vērtība ir $0,2 \pm 0,01$, kas pie vidējā koku augstuma - 10 m - analizētajā kopā nav liela. Pēc abām metodēm iegūtie augstumi saskaņā ar *t-testa* rezultātiem būtiski neatšķiras. Konstatēta cieša $r=0,99$ un būtiska ($\alpha=0,001$) korelācija starp vienu un tā paša koka augstumiem, kas aprēķināti, lietojot abas metodes. Tas nozīmē, ka pietiek ar 3 kokiem katrā no caurmēra grupām, un nav nepieciešama lielāka koku skaita uzmērīšana.

Turpmākai analīzei izmantoti tikai 3 koku augstumlīknes dati, salīdzinot ar tās palīdzību iegūtos rezultātus ar faktiskajiem mērījumiem.

Augstumlīknes lielumu precizitāte

Konstatēts, ka gan koku augstums, gan stumbra tilpums, gan parces krāja, kuri aprēķināti pēc augstumlīknes un tiešu uzmērījumu datiem, pozitīvi, cieši ($r=0,73-0,99$) un būtiski ($\alpha=0,01$) korelē (1. tabula).

1. tabula. Table1

Korelācija starp uzmērītajām un ar augstumlīknes vienādojumu
aprēķinātajām parametru vērtībām

*Correlation between the values of parameters from direct measurements
and values calculated according to height curve equation*

Eksperimenta Nr.	Korelācija starp faktisko un modelēto vērtību					
	Correlationa between measured and modeled values					
Nr of experiment	koku augstumam		stumbra tilpumam		ģimenes krājai	
	tree height		stem volume		family yield	
	r	α	r	α	r	α
1	0,88	0,01	0,99	0,01	0,73	0,01
2	0,87	0,01	0,99	0,01	0,99	0,01
3	0,82	0,01	0,99	0,01	-	-

Tātad ar augstumlīknes palīdzību iegūtie lielumi ir tuvi faktiskajiem, taču ne vienlīdzīgi ar tiem. Tādēļ visos 3 eksperimentos novērtētas modelētā un uzmērītā augstuma, kā arī no tiem iegūtā stumbra tilpuma un ģimenes krājas atšķirības (2 tabula).

2. tabula. Table2

Atšķirības starp uzmērītajām un ar augstumlīknes vienādojumu
aprēķinātajām parametru vērtībām

*Difference between the values of parameters from direct measurements and
values calculated according to height curve equation*

Eksperimenta Nr.	Atšķirības starp uzmērītajām un modelētajām vērtībām					
	Difference between measured and modeled values					
Nr of experiment	koku augstumam		stumbra tilpumam		ģimenes krājai	
	tree height		stem volume		family yield	
	m	%	dm ³	%	m ³	%
1	0,8±0,01		9 3,6±0,1		6 0,1±0,03	7
2	1,0±0,04		6 7,8±0,4		5 0,05±0,01	2
3	0,9±0,11		6 8,0±1,3		5 -	-

Atspoguļotas vidējās vērtības ± standartkļūda

Average value ± standard error are shown

Eksperimentā 1 koku fenotipisko rādītāju vidējās vērtības ir mazākas un pie līdzīgām kļūdas absolūtajām vērtībām attiecīgi procentuālās modelētā augstuma kļūdas ir lielākas. Taču cēlonis var būt arī cits: konstatēts, ka mazāko caurmēra pakāpju kokiem raksturīgs lielāks augstuma variācijas koeficients. Piemēram, eksperimentā 1 kokiem 3 cm caurmēra pakāpē augstuma variācijas

koeficients ir 19%, turpretī 19 cm pakāpē – 9%. Tas nozīmē, ka zemu caurmēra pakāpju nomākto koku augstumi ar vienotu līkni ir grūtāk prognozējami. Šādu koku vairāk ir nabadzīgā augsnē (silā) augošajā un jaunākajā **eksperimentā 1**, kur 31% no kopējā koku skaita veido tādi, kuru caurmērs ir mazāks par 8 cm, turpretī **eksperimentos 2** (mētrājā) un **3** (damaksnī) šādu koku attiecīgi ir tikai 7 un 1%.

2. tabulā redzams, ka augstumlīknes izmantošanas kļūda koku augstuma (un no tā aprēķināto koku stumbra tilpumu un ģimenes krāju) noteikšanā visa eksperimenta līmenī ir neliela (<10%). Taču no selekcijas viedokļa nozīmīgākās ir kļūdas maksimālās vērtības un to ietekme uz ģimeņu vidējo vērtību aprēķināšanu (kuras nosaka konkrētās ģimenes rangu).

Dati par modelētā un tieši uzmērītā augstuma, caurmēra un ģimenes krājas maksimālajām atšķirībām pa eksperimentiem apkopoti 3. tabulā.

3. tabula. *Table3*

Maksimālās atšķirības starp uzmērītajām un ar augstumlīknes vienādojumu aprēķinātajām parametru vērtībām

Maximal difference between the values of parameters from direct measurements and values calculated according to height curve equation

Eksperimenta Nr.	Maksimālās atšķirības starp uzmērītajām un modelētajām vērtībām					
	<i>Maximal difference between measured and modeled values</i>					
	koku augstumam		stumbra tilpumam		ģimenes krājai	
<i>Nr of experiment</i>	<i>tree height</i>		<i>stem volume</i>		<i>family yield</i>	
	m	%	dm ³	%	m ³	%
1	5,2	76	50	132	0,5	81
2	4,1	30	48	106	0,2	5
3	2,9	18	48	133	-	-

Redzams, ka maksimālās atšķirības visiem novērtētajiem parametriem ir nozīmīgas: augstumam - līdz 76%, stumbra tilpumam - līdz 133% un ģimenes krājai - līdz 81%. Taču arī šādas neprecizitātes, ja tās ir tikai nedaudz gadījumos un neietekmē labāko ģimeņu ranžējumu, nevar radīt būtiskas problēmas selekcijas parauglaukumu novērtēšanā.

Pēcnācēju pārbaužu mērķis ir atlasīt labākos māteskokus pavairošanai (sēklu plantācijām, kuru pēcnācējiem raksturīga

augstāka produktivitāte un kvalitāte) un kā materiālu kontrolētai krustošanai – nākamās paaudzes vecāku-koku ieguvei ar vēl augstāku ģenētisko vērtību (Baumanis u.c., 2002, Rosval u.c., 2001). Tātad precīzs ģimeņu ranžējums ir nozīmīgs, lai atlasītajā grupā tiktu iekļauti tikai paši ģenētiski vērtīgākie koki. Koku skaits nākamās selekcijas paaudzes veidošanai, vadoties no ekonomiskiem apsvērumiem, parasti ir neliels – tādai teritorijai kā Latvija 200-300 (Haapanen, 2005, Rosval u.c., 2001). Tas nozīmē, ka katra koka atlasī nepieciešamas veikt precīzi, jo tā loma būs ievērojama. Turklāt, izvēloties lētākās krustošanas shēmas turpmākajam selekcijas darbam, katrs no vecāku-kokiem tiek krustots tikai ar 1 vai 2 citiem: maksimālo ģenētisko ieguvumu iespējams sasniegt krustojot labākos ar labākajiem, atbilstoši to rangiem (Haapanen, 2005, Routsalainen, 2002).

Salīdzināti 10% labāko ģimeņu atlases rezultāti **eksperimentā 1**, par atlases kritēriju izmantojot vidējo stumbra tilpumu, un konstatēts, ka 4 ģimenes abos - pēc modelētajiem un tieši mērītajiem datiem - vērtējumos nesakrīt, bet sešās ģimenēs novērojamas rangū izmaiņas vairāk nekā par 1 pozīciju. Veicot atlasī pēc krājas, ir tikai viena ģimene, kuras rangs paliek nemainīgs, 4 ģimenes nesakrīt un piecām rangs izmainīts vairāk nekā par 1 pozīciju. Tātad augstumlīknes izmantošana nav pieļaujama.

Eksperimentā 2, veicot atlasī pēc modelētajiem un tieši uzmērītajiem augstumiem starp labākajām ģimenēm, rangū izmaiņas nav konstatētas. Šajā eksperimentā arī maksimālās procentuālās kļūdas starp koku augstumiem, kas iegūti, izmantojot abas metodes, ir ievērojami zemākas nekā eksperimentā 1, tātad augstumlīknes izmantošana būtu pieļaujama. Faktisks laika patēriņa samazinājums, izmantojot augstumlīkni eksperimentā 2, ir apšaubāms, jo, lai iegūtu tai nepieciešamos datus (un arī noteiktu augstumus visiem to ģimeņu kokiem, kurās koku skaits neliels – tādējādi kopumā stādījumā izmērot 65% koku), eksperiments jāpseko un mērījumi jāizdara 2 reizes. Pieskaitāms arī koku izvēlei un augstumlīkņu konstruēšanai pa ģimenēm nepieciešamais laiks, kā arī vērā ņemama iegūto rezultātu kļūda, kas kopumā augstumlīknes izmantošanu padara praktiski neizdevīgu.

No iepriekš minētā varam secināt, ka parastās priedes 26-32 gadus vecu selekcijas stādījumu uzmērīšanā ģimeņu ranžēšanas vajadzībām augstumlīknes izmantošana nav rekomendējama.

Turpmākajā pētījumu gaitā vēlama augstummēra darba precizitātes pārbaude, citu augstumlīknes funkciju izmantošanas iespēju izvērtēšana un darba laika hronometlēšana. Šos pasākumus papildinot ar plašāku datu materiālu, iegūtie rezultāti būs precīzāki.

Pateicība: autors pateicas a/s „Latvijas Valsts meži” par finansiālu atbalstu projektam, kura ietvaros šis pētījums veikts, kā arī LVMI „Silava” kolēģiem par publikācijas sagatavošanas gaitā izteiktajiem komentāriem un piezīmēm.

Secinājumi

1. Nekoptā parastās priedes stādījumā 26-32 gadu vecumā koka caurmēra ietekme uz hd^{-1} attiecību ir būtiska ($\alpha=0,001$) – palielinoties koku caurmēram, samazinās hd^{-1} attiecības vērtība (lineāra sakarība, $r^2=0,97-0,99$).
2. Ģimenes (ģenētisko faktoru) ietekme uz koku hd^{-1} attiecību ir būtiska ($\alpha=0,001$), tātad katrai ģimenei nepieciešama atsevišķas augstumlīknes veidošana.
3. Augstumlīknes veidošanai katrai ģimenei pietiek ar 3 kokiem 3 caurmēru grupās (tievie, vidējie, resnie); koku skaita palielināšana līdz 5 katrā grupā būtiskas rezultātu izmaiņas nerada.
4. Starp tieši uzmērīto un no augstumlīknes aprēķināto koku augstumu konstatēta cieša ($r=0,82 - 0,88$) un būtiska ($\alpha=0,001$) korelācija; atšķirība starp šiem rādītājiem vidēji ir 6-9% (0,8-1 m) un maksimāli - 18-76% (2,9-5,2 m).
5. Ņemot vērā, ka augstumlīknes izmantošana nozīmīgi ietekmē ģimeņu ranžējumu, kā arī nelielo katras ģimenes vidējo koku skaitu eksperimentā (11-23), augstumlīkņu izmantošana 26-32 gadus vecu parastās priedes pēcnācēju pārbaužu stādījumu novērtēšanā nav rekomendējama.

Literatūra

- Arhipova, I., Bāliņa, S. 2003. Statistika ekonomikā, Datorzinību centrs, Rīga, 352 lpp.
- Baumanis I., Gailis A., Liepiņš K. 2002. Priežu sēklu plantāciju pēcnācēju novērtējums. *Mežzinātne*, 12 (45): 46-59.

- Baumanis, I., Birģelis, J., Gailis, A. 1994. Tree breeding of Scots pine in Latvia. In: Scots pine breeding and genetics: proceeding of the IUFRO S.02.18 symposium, Kaunas, Lithuania, pp.196-172
- Danusevičius, J. 2000. Pušies selekcija: monogrāfija, Lietuvas Miškų Institutas, Kaunas, 352 p.
- Haapanen, M. 2005. Forest tree breeding 2050 – Finlands new tree breeding plan. Abstract. In: Status, monitoring and targets for breeding programs: proceeding of the meeting of Nordic Tree Breeders and Forest Geneticists, September 13-15, Syktyvkar, Russia, pp.102-103.
- Haapanen, M., Velling, P., Annala, M-L. 1997. Progeny Trial Estimates of Genetic Parameters for Growth and Quality Traits in Scots Pine. *Silva Fennica* 31(1) : 3-12
- Hannrup B., Wilhelmsson, L., Danell, Ö. 1998. Time Trends for Genetic Parameters of Wood Density and Growth Traits in *Pinus sylvestris* L. *Silvae Genetica*, 47 (4): 214-219.
- Kowalczyk J. 2005. Comparison of phenotypic and genetic selections in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) single tree plot half-sib progeny tests. *Dendrobiology*, 53: 45-56.
- Ozoliņš, R. 1997. Priedes stumbra tilpuma aprēķins kokiem ar mizu, Rīga, 5 lpp.
- Rosval, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J., Stener, L-G. 2001. Predicted genetic gain from existing and future seed orchards and clone mixes in Sweden. In: Haapanen, M., Mikola, J. (eds.) Integrating Tree Breeding and Forestry: proceeding of the Nordic Group for Management of Genetic Resources of Trees meeting, Mekrijärvi, Finland, March 23-27, pp. 71-85.
- Routsalainen, S. 2002. Managing breeding stock in the initiation of a long-term tree breeding program, Finnish Forest Research Institute Research Paper Nr. 875, 156 p.
- Sarma, P. 1948. Meža taksācija, Latvijas valsts izdevniecība, Rīga, 589 lpp.
- Zālītis, P. 2006. Mežkopības priekšnosacījumi, LVMI „Silava”, Rīga, 219 lpp.
- Zālītis, P., Zālītis, T. 2002. Bērzu jaunaudžu kopšana, *Mežzinātne*, 12 (45) : 3.-16. lpp.