

PĀRSKATS

PAR MEŽA ATTĪSTĪBAS FONDA PASŪTĪTO PĒTĪJUMU

<u>PĒTĪJUMA NOSAUKUMS:</u>	MĒRĶTIECĪGI IZVEIDOTO KOKAUDŽU AUGŠANAS GAITA UN STRUKTURĒŠANĀS
----------------------------	--

LĪGUMA NR.: 161208/S484

IZPILDES LAIKS: 2009.g.

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts "Silava"

PROJEKTA VADĪTĀJS:

Pēteris Zālītis

Salaspils, 2009.

DARBA UZDEVUMI

2009. gada I pusē

1. Sameklēt 30 bērzu briestaudzes, kas cēlušās no retām jaunaudzēm Zemgales MS, ierīkot un uzmērīt parauglaukumus, aprēķināt kokaudzes parametrus.
2. Piemērotākajās 3 audzēs ievākt 150 koksnes paraugus.
3. Analizēt ģenētiskās savdabības ražīgākajās bērzu audzēs.

2009. gada II pusē

1. Sameklēt 25 bērzu briestaudzes, kas cēlušās no retām jaunaudzēm Dienvidlatgales reģionā, ierīkot un uzmērīt parauglaukumus, aprēķināt kokaudzes parametrus.
2. Piemērotākajās 3 audzēs ievākt 90 koksnes paraugus.
3. Analizēt ģenētiskās savdabības ražīgākās un mazāk ražīgās bērzu audzēs, izmantojot hloroplastu DNS mikrosatelītu marķierus.

ANOTĀCIJA

Krājas kopšanas cirtes intensitāti aptuveni 30 gadus reglamentē atstājamās valdaudzes stumbru šķērslaukums, kura skaitliskās vērtības fiksētas 1985. gadā apstiprinātajos Papildinātajos norādījumos par kopšanas cirtēm. Norādījumos iekļautie atstājamās un tātad arī izcērtamās kokaudzes daļas parametri aprēķināti, izmērot tolaik dominējošās audzes, kas veidojušās no pārbiezinātām jaunaudzēm (vismaz 10000 kociņu uz 1 ha). Pirmā un intensīvākā krājas kopšanas cirte tika plānota 30-40 gadus vecās audzēs, kur valdaudzes augstums ir aptuveni 15 m, izcērtot 50-70 m³ sīkkoksnes no hektāra, ar atkārtojumu pēc 20 gadiem un iecerēto audzes krāju cērtamā vecumā aptuveni 300 m³ha⁻¹.

Pēdējos gados, labāk izprotot kokaudzes veidošanās likumsakarības un mežos krasi samazinoties pārbiezināto jaunaudžu īpatsvaram, izvirzās nepieciešamība būtiski koriģēt Papildinātajos norādījumos fiksētos atstājamās un līdz ar to arī izcērtamās audzes daļas parametrus. Mūsu rīcībā esošo parauglaukumu atkārtotās pārmērīšanas dati liecina, ka, agrīnajās sastāva kopšanas cirtēs atstājot 1500-2000 kociņu uz vienu hektāru, valdaudzes kociņu skaits audzē nemainās līdz 18-20 m augstumam, un visi atstātie koki intensīvi ražo. Šādās audzēs valdaudzes faktiskais šķērslaukums krietni pārsniedz 1985. gada Norādījumos fiksētos atstājamās daļas lielumus, un to ievērošana, plānojot krājas kopšanas cirtes sākotnēji retās (izretinātās) jaunaudzēs, vērtējama kā mežsaimnieciska kļūda.

Veicot koksnes paraugu genotipu izpēti molekulāro marķieru līmenī skuju koku audzēs, atklājas signifikantas atšķirības Austrumvidzemes MS un Ziemeļkurzemes MS egļu audzēs. Priežu mežos Ziemeļkurzemes MS un Dienvidlatgales MS tīraudzēs atšķirības ir mazākas.

2009. gadā turpinās sadarbība ar Ģenētisko resursu centra Molekulārās ģenētikas laboratoriju, analizējot bērza audžu ģenētiskās savdabības, kas realizējas kā augstražīgu valdaudžu saglabāšanās laikā.

Iepriekšējos gados iegūtie rezultāti par bērza audžu parametriem rosina **bērza ģenētiskās savdabības analizēt Zemgales MS un Dienvidlatgales MS.**

IEVADS

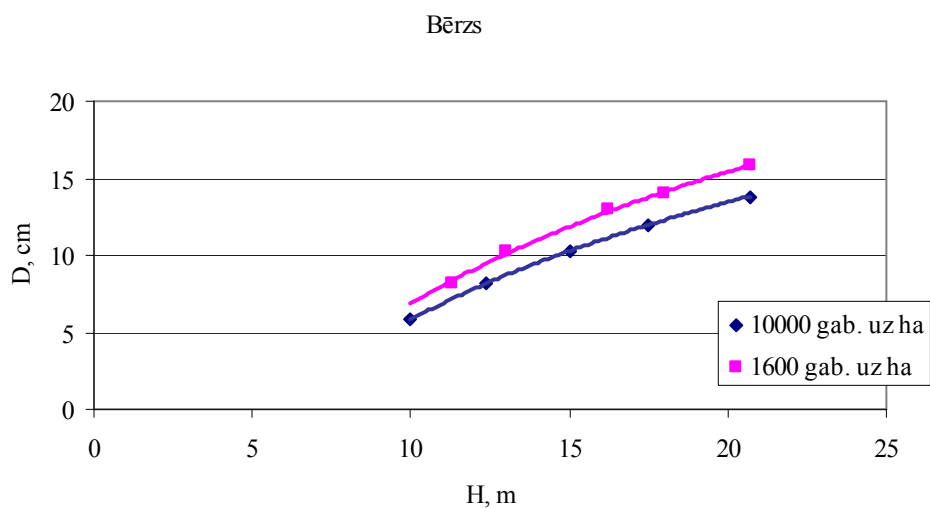
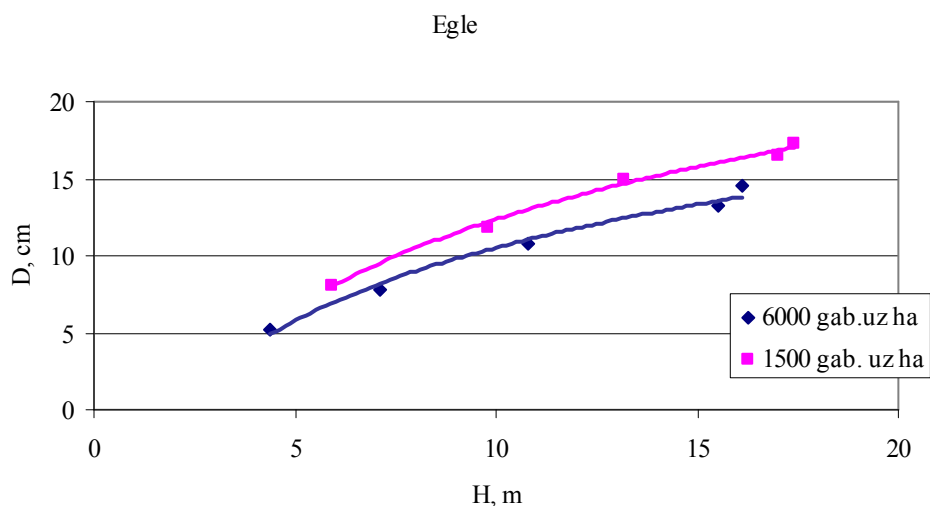
Kokaudžu struktūra Valsts mežsaimniecībā analizēta audzēs, kas vai nu mērķtiecīgi izveidotas agrīnajās (pie 3-5 metri vidējā augstuma) sastāva kopšanas cirtēs, vai arī tās atbildušas mūsdienu izpratnei par vēlamo koku skaitu jaunaudzēs, tās īpaši neizretinot. Analizējamo audžu pašreizējais vecums lielāks par 30 gadiem. Audzes vecums tomēr ir tikai papildus rādītājs, kura noteikšanai izmantota "Meža fonda datu bāzē" ievietotā informācija. Šis rādītājs lietots kā viens no ierobežojumiem objektu izvēlei, lai analizējamo nogabalu paraugkopā neiekļautos cirtmeta vecumu pārsniegušas audzes, kas bieži saglabājušās īpaši aizsargājamās (liegumi, rezervāti u.c.) mežos.

Mērķtiecīgi veidoto vai dabiski radušos reto jaunaudžu augšanas gaitas apzināšanai ilgākā laikā (līdz cirtmeta vecumam) nepieciešamo nogabalu paraugkopa izveidota, pamatojoties uz datu bāzē uzkrāto informāciju. Nogabalu izvēles loģiskie pamatojumi:

- jaunībā izretinātās audzēs veidojas resnāki koku stumbri nekā sākotnēji pārbiezinātās audzēs, ko apstiprina pastāvīgajos parauglaukumos iegūtie dati (1.att.);
- mežkopības pamatmērķis ir maksimāla krāja uz iespējami resnākiem kokiem galvenās cirtes brīdī;
- audžu paraugkopas veidojamas no nejaušās izvēles ceļā atrastiem daudziem nogabaliem, kuros pārskatāmā pagātnē nav veiktas krājas kopšanas cirtes, audzes nav bojātas vējgāzēs, meža ugunsgrēkos vai citādi.

Šie principi realizējās nogabalu izvēles etapā. Uzskatot par ģenerālkopu visas priežu, egļu un bērzu tīraudzes (sastāva koeficients 8-10), kas nav sasniegušas galvenās cirtes vecumu, meža nogabali izvēlēti, ikvienas sugas tīraudzes grupējot pa vidējiem augstumiem, sākot ar datu krātuvē fiksēto 10 m augstumu. Tīraudžu grupēšanai pa vidējiem augstumiem nevis pa vecumiem ir vairākas priekšrocības:

- ievērojami tiek samazināta meža tipa (bonitātes) ietekme uz līdzīga vecuma audžu parametriem;
- pašreizējie krājas kopšanas ciršu normatīvi un rekomendācijas ir orientēti pēc audžu vidējā augstuma, kas ļauj salīdzināt mūsu mērījumos iegūtos datus ar tajos norādītajiem;
- vidējo augstumu audzē var izmērīt daudz precīzāk nekā vecumu.



1. attēls. Egļu un bērzu audžu vidējie caurmēri (D, cm) pie vienāda augstuma (H, m) intensīvi izretinātās un neretinātās audzēs.

Priekšnosacījumiem atbilstošo nogabalu lokalizācija mežsaimniecības ietvaros ir plaša, un tie visai bieži atrodas grūti pieejamās vietās. Veicot ārdarbus mežā, sastapāmies ar AS „Latvijas valsts mežu” darbinieku lielu ieinteresētību un atsaucību, palīdzot izvēlēties ērtāko ceļu, lai nokļūtu līdz vajadzīgajam nogabalam. Bez šāda meža darbinieku atbalsta mūsu izvēlētais mērķis – izmērīt iespējami vairāk kokaudžu – būtu grūti realizējams. Darba grupas nokļūšana līdz paredzētajam nogabalam bieži vien aizņēma pusi dienas. Grūtā pieejamība nenoliedzami ietekmē ražīgu kokaudžu saglabāšanos līdz mūsdienām iespējami neskartā veidā – tās nav izretinātas krājas kopšanas cirtēs.

METODIKA UN ANALIZĒTIE OBJEKTI

Būtiski ierobežojumi analizējamā nogabalu izvēlē Zemgales MS saistās ar 2005. gada 8. janvāra vējgāzēm. Orientējoši dati liecina, ka mežsaimniecības rietumdaļas iecirkņos bojājumu apjomi pārsniedz 100000 m³ (Engures, Tukuma iecirkņi), un tie, saprotams, nav fiksēti mūsu rīcībā esošā datu bāzē. Tāpēc, izmantojot datu bāzi, analizējamie nogabali izvēlēti tikai relatīvi mazāk traumētos mežos Klīves, Līvberzes, Garozas, Misas un Svirlaukas iecirkņos.

1. tabula

Zemgales MS bērzu nogabalu sadalījums pa augstumiem

<i>H, m</i>	Nog. skaits	<i>D</i> _{min} , cm	<i>D</i> _{vid} , cm	<i>D</i> _{max} , cm	<i>V</i> _{min} , m ³ ha ⁻¹	<i>V</i> _{vid} , m ³ ha ⁻¹	<i>V</i> _{max} , m ³ ha ⁻¹	Nog. skaits, % no kopējā
10	3	8	9,0	10	45	60,0	81	0,6
11	6	9	10,5	12	60	65,0	70	1,1
12	6	8	11,7	13	31	63,7	87	1,1
13	6	9	12,0	13	66	99,3	116	1,1
14	7	9	12,0	15	52	82,4	112	1,3
15	14	12	14,7	18	51	108,1	162	2,6
16	18	10	15,5	19	79	113,6	151	3,3
17	22	13	16,0	19	102	146,7	197	4,0
18	28	11	16,3	21	78	160,4	210	5,1
19	24	15	17,8	21	117	178,5	250	4,4
20	23	15	19,5	23	120	188,9	298	4,2
21	25	16	20,0	25	128	197,8	273	4,6
22	30	16	21,2	26	162	216,5	307	5,5
23	30	19	23,2	27	148	223,9	294	5,5
24	64	20	23,8	29	99	239,4	351	11,8
25	60	19	24,2	28	137	250,4	345	11,0
26	57	20	24,8	32	200	270,7	368	10,5
27	71	17	25,9	30	196	292,9	395	13,1
28	26	21	25,9	30	165	298,6	347	4,8
29	15	18	26,7	30	225	345,3	436	2,8
30	5	25	27,0	28	177	288,4	368	0,9
31	3	23	25,3	27	308	331,7	379	0,6
32	1	29	29	29	334	334,0	334	0,2
Kopā	544							

Ikvienā konkrēta augstuma kokaudžu grupā nogabalu skaits ir vairāki desmiti. No šiem nogabaliem, atbilstoši iepriekšminētajiem loģiskiem apsvērumiem, tiek izvēlēti pieci nogabali ar visresnākiem kokiem; no šiem pieciem nogabaliem izpētei paliek viens vai divi ar vislielāko koksnes krāju. Tādējādi iespējami labāk tiek nodrošināts nejaušības princips un iegūto secinājumu ticamība, pieļaujot mūsu atziņas ekstrapolēt arī uz citām, nepētītām audzēm.

Dienvidlatgales MS bērzu nogabalu sadalījums pa augstumiem

<i>H</i> , m	Nog. skaits	D_{\min} , cm	D_{vid} , cm	D_{\max} , cm	V_{\min} , m^3ha^{-1}	V_{vid} , m^3ha^{-1}	V_{\max} , m^3ha^{-1}	Nog. skaits, % no kopējā
10	58	6	8,8	12	36	64,9	90	4,6
11	58	6	9,5	13	30	71,9	100	4,6
12	32	6	11,3	16	30	87,7	123	2,5
13	39	9	12,5	15	37	91,0	144	3,1
14	56	7	13,5	18	61	103,6	153	4,4
15	83	8	14,1	17	51	109,9	171	6,6
16	80	9	14,7	19	63	124,6	180	6,3
17	94	9	15,9	24	57	135,1	188	7,4
18	96	13	17,2	21	67	151,5	258	7,6
19	68	8	18,4	23	62	167,1	253	5,4
20	90	16	19,3	25	92	176,1	243	7,1
21	71	16	20,4	27	87	198,5	257	5,6
22	65	17	21,6	25	111	204,7	274	5,1
23	89	17	22,5	27	64	218,6	291	7,0
24	77	19	23,4	27	131	230,8	330	6,1
25	81	19	25,0	29	103	244,5	347	6,4
26	78	21	25,4	30	131	251,5	368	6,2
27	21	22	26,1	29	111	255,4	320	1,7
28	19	20	26,9	32	215	273,5	368	1,5
29	5	23	25,6	31	197	292,8	382	0,4
30	3	23	30,7	37	275	318,0	366	0,2
31	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0,0
32	1	30	30	30	277	277,0	277	0,1
Kopā	1264							

Bērza mežu strukturālās atšķirības Zemgales un Dienvidlatgales mežsaimniecībās ir vērtējamas kā būtiskas: Zemgales mežsaimniecībā vairākkārt mazāk nekā Dienvidlatgales mežsaimniecībā ir jaunaudžu nogabali ar līdz 15 m audžu augstumiem, toties daudz nogabali ir ar 24-27 m augstām audzēm. Dienvidlatgales mežsaimniecībā visās augstuma grupās no 10 līdz 26 m augstumam ir puslīdz vienāda audžu sastopamība.

3. tabula

Zemgales MS apsekoto un izmērīto nogabalu saraksts

Iecirknis	Kvart.	Nog.	Datu bāzē				Valdaudzes mērījumi				
			Krāja, m ³ ha ⁻¹	H, m	D, cm	G, m ² ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Koku sk., gab.ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
Tērvetes	164	14	81	10	10	0					
Misas	206	12	54	10	9	0	13,3	16,9	20,3	1360	161,9
Līvbērzes	35	5	70	11	11	0	8,7	12,5	10,9	1780	67,7
Garozas	14	19	70	11	9	0					
Garozas	41	6	87	12	8	14					
Garozas	174	9	74	12	11	12	15,4	20,7	17,8	880	168,7
Līvbērzes	151	7	116	13	13	18	14,6	22,0	25,0	1400	249,8
Garozas	146	26	112	13	13	18					
Misas	35	11	98	14	11	0	11,1	18,1	18,2	1800	153,7
Tērvetes	73	21	87	14	9	0					
Svirlaukas	182	15	118	15	15	16	17,1	20,9	26,4	1060	252,0
Misas	198	9	102	15	17	14					
Garozas	163	7	122	16	16	16					
Garozas	164	7	122	16	16	16					
Klīves	186	2	153	17	19	19	19,1	21,8	28,7	940	285,1
Klīves	171	2	153	17	18	19					
Klīves	35	15	177	18	18	21	17,6	22,6	25,0	960	255,7
Klīves	176	2	169	18	19	20					
Garozas	166	12	250	19	20	29					
Garozas	148	9	215	19	21	25	20,4	24,4	27,7	780	303,3
Garozas	117	12	298	20	23	33					
Garozas	117	15	298	20	23	33					
Klīves	296	2	225	21	23	23	21,4	27,1	27,9	740	336,0
Klīves	296	4	215	21	23	22					
Klīves	22	1	253	22	26	25	26,2	27,7	29,5	520	361,8
Klīves	280	2	244	22	23	24					
Klīves	13	9	264	23	25	25	25,1	27,1	29,6	580	356,2
Klīves	184	12	220	23	26	21					
Garozas	140	17	264	24	27	24	22,9	27,3	31,1	700	376,7
Garozas	103	10	249	24	27	23					
Garozas	140	39	284	25	26	25	24,9	32,4	36,2	700	512,5
Garozas	51	11	263	25	27	23					
Tērvetes	70	18	342	26	29	29					
Klīves	260	4	308	26	27	26	27,7	30,7	49,1	780	662,0
Tērvetes	242	10	379	27	30	31					
Tērvetes	243	12	343	27	28	28					
Līvbērzes	50	13	333	28	27	26					
Svirlaukas	201	6	291	28	28	23	28,8	29,7	52,0	780	680,2
Līvbērzes	228	8	436	29	29	34	25,8	26,1	35,9	660	418,1
Tērvetes	243	22	433	29	28	33					
Līvbērzes	69	10	368	30	25	27					
Līvbērzes	114	3	354	30	28	26	23,9	32,7	40,1	860	572,1
Līvbērzes	270	1	379	31	27	27	26,8	30,6	37,4	640	502,6
Garozas	300	13	308	31	26	22					
Līvbērzes	92	14	334	32	29	23	26,4	33,0	49,0	840	705,1

Dienvidlatgales MS apsekoto un izmērīto nogabalu saraksts

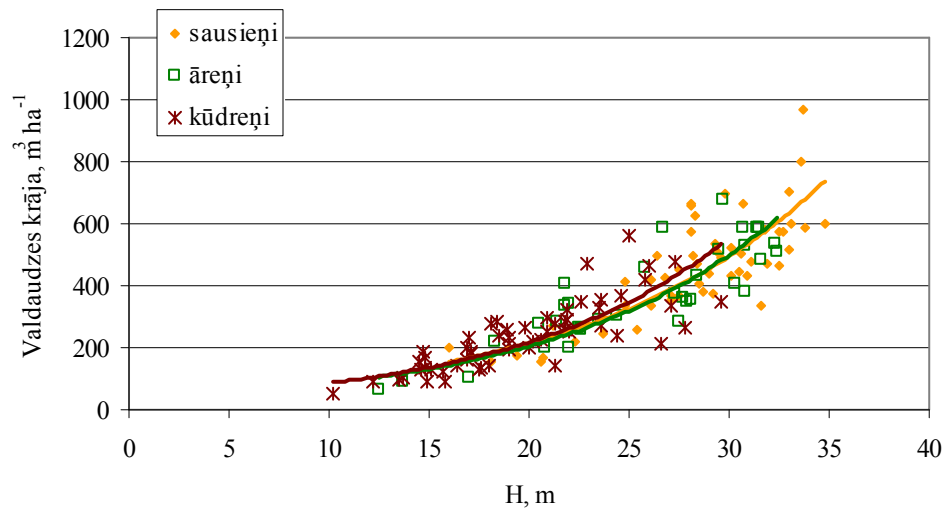
Iecirknis	Kvart.	Nog.	Datu bāzē				Valdaudzes mērījumi				
			Krāja, m ³ ha ⁻¹	H, m	D, cm	G, m ² ha ⁻¹	D, cm	H, m	G, m ² ha ⁻¹	Koku sk., gab.ha ⁻¹	Krāja, m ³ ha ⁻¹
Silenes	50	4	72	10	11						
Nīcgales	157	4	63	10	11		11,2	17,5	15,7	1540	128,5
Viesītes	281	15	80	11	13						
Sēlpils	58	2	70	11	13						
Sēlpils	201	13	97	12	16	16	14,5	15,8	12,2	720	92
Sēlpils	196	8	85	12	15	14					
Nīcgales	307	44	143	13	14	23	11,6	15,7	16,2	1480	120,9
Preiļu	288	2	110	13	15	17					
Sēlpils	19	1	103	14	16	15					
Nīcgales	181	8	97	14	16	14	16	21,3	14,7	693	143,3
Preiļu	287	13	138	15	17	19					
Sēlpils	18	14	102	15	17	14	15,7	18,0	16,9	820	141,6
Krustpils	136	6	161	16	17	21					
Krustpils	124	5	157	16	17	21					
Nīcgales	11	16	188	17	19	24					
Nīcgales	12	12	180	17	19	23					
Silenes	165	11	134	18	21	16	18,9	21,8	25,8	860	256
Silenes	47	10	126	18	21	15					
Sēlpils	209	4	204	19	23	23	20,4	20,6	24,1	660	227,5
Silenes	135	23	185	19	23	21					
Zasas	261	14	243	20	23	27	13,7	19,4	19,3	1160	173,0
Zasas	195	14	231	20	23	25					
Nīcgales	187	18	245	21	23	26	22,2	28,1	28,7	720	357,6
Nīcgales	180	9	214	21	24	22					
Zasas	214	21	254	22	24	25	22,7	24,8	37,3	860	415,0
Zasas	195	1	244	22	25	24					
Aknīkstes	70	13	232	23	27	22	28,4	29,2	29,1	440	374,7
Silenes	74	41	231	23	26	22					
Dvietes	141	21	264	24	26	24					
Nīcgales	82	8	264	24	26	24	26,6	30,9	32,0	540	433,4
Zasas	90	3	273	25	27	24					
Viesītes	238	22	240	25	28	21	23,7	27,8	21,6	453	265,7
Preiļu	238	8	283	26	30	24					
Aknīstes	261	20	273	26	29	23	24,5	27,1	30,7	620	369,7
Nīcgales	157	1	242	27	30	20	18,1	26,6	18,2	680	215,2
Dvietes	179	10	284	27	27	23					
Viesītes	239	21	305	28	27	24	23,4	30,3	30,3	680	403,4
Viesītes	130	1	228	28	32	18					
Viesītes	208	13	382	29	23	29	23,9	30,1	32,6	680	431,3
Zasas	9	15	306	29	23	23					
Zasas	127	1	366	30	32	27	30,3	33,0	35,9	480	516,7
Viesītes	246	10	313	30	37	23					
Viesītes	224	1	277	32	30	19	23,1	31,6	35,1	800	485,1

Ikvienā izvēlētajā nogabalā tiek ierīkots īslaicīgs precīzi izmērītas platības parauglaukums, kurā izdastoti visi koki, tos sagrupējot visupirms valdaudzē un starpaudzē. Tāpat tiek izmērīti valdaudzes un starpaudzes aptuveni vidējam caurmēram atbilstošo 5-6 koku augstumi, lai varētu aprēķināt valdaudzes un starpaudzes parametrus – koku krāju un sortimentu struktūru. Subjektīvās ietekmes samazināšanai, kas var izpausties, ierīkojot apļveida vai kvadrātveida parauglaukumus pārāk biežās, kā arī pārāk retās audzes biogrupās, mūsu ierīkotie parauglaukumi ir tikai 5 m plati, bet to garums sasniedz 200-250 m; parasti ar taisnās līnijas lauzumiem ik pēc 50 m. Tā rezultātā mūsu parauglaukumi šķērso daudzas vienā audzē sastopamas biogrupas, un iegūtie rezultāti iespējami tuvu raksturo audzi kopumā.

Valdaudzi un starpaudzi raksturojošie parametri kamerāli tiek izskaitļoti no mežā ievāktajiem datiem: audzes vidējais caurmērs D , cm - kā aritmētiskais vidējais no visiem parauglaukumā izdastotiem kokiem; vidējais augstums H , m - kā aritmētiskais vidējais augstums no izmērīto vidējā caurmēra koku augstumiem; stumbru šķērslaukums G , m^2ha^{-1} – kā parauglaukumā izdastoto stumbru šķērslaukumu summa, pārrēķinot to uz vienu hektāru; koksnes krāja V , m^3ha^{-1} – lietojot formulu $V=G \cdot HF$, kur audzes šķērslaukums G dabā izmērīts, dastojot visus kokus, HF – izmantojot tabulētos rādītājus, kā funkcija no vidējā augstuma H .

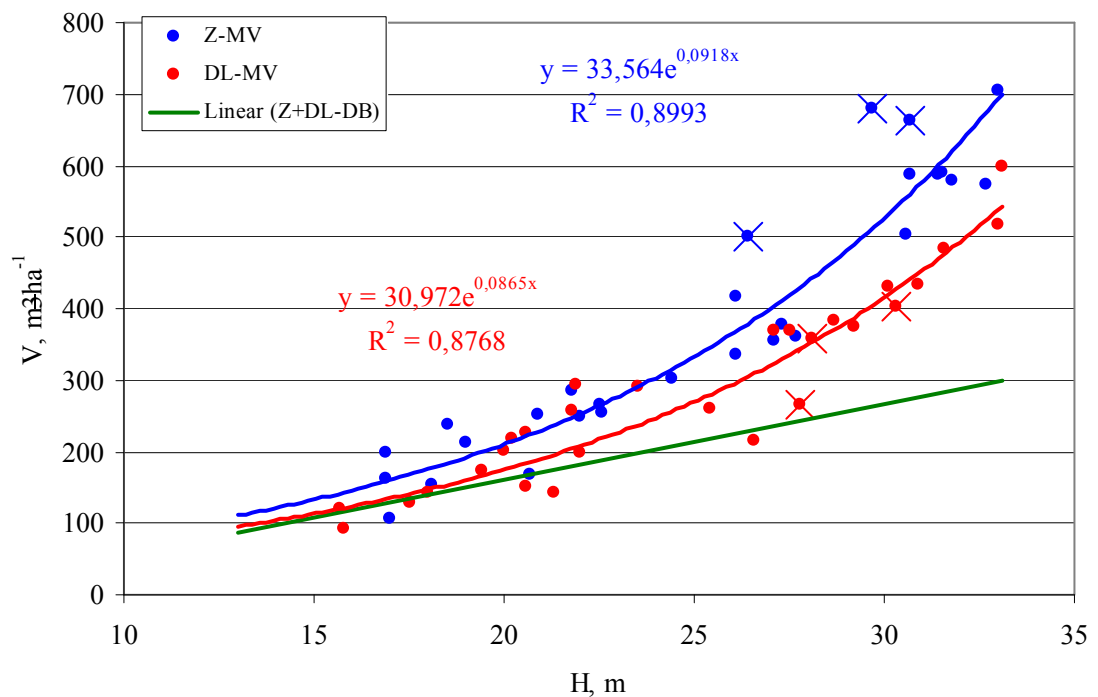
Uzskatām, ka pilnīgi nejaušā objektu izvēle loģiski pamatoto ierobežojumu ietvaros, kā arī pietiekoši precīzā kokaudžu mērīšana nejauši izvēlētajos nogabalos ir objektīvs priekšnoteikums samērā liela skaita kokaudžu izpētei. Iegūtie rezultāti un to analīze apliecina, ka izstrādātā metodika atzīstama par veiksmīgu.

Izretinātajās jaunaudzēs līdz 15 m augstumam audzes krāja visbiežāk ir nedaudz mazāka par neretināto audžu krāju. Tālākā augšanas gaitā krājas rādītāji pakāpeniski izlīdzinās, un audzēs, kas augstākas par 20 m, jaunībā izretināto audžu krājas signifikanti pārsniedz neretināto audžu krāju. Vienlaicīgi izpaužas arī atšķirības starp izretināto audžu krājām AS LVM dažādās mežsaimniecībās. Analīzes rezultāti liecina, ka krājas atšķirības vienāda augstuma audzēs nav skaidrojamas ar augšanas apstākļu (sausieņu meži, kūdreņi, āreņi) nesakritību (2. att.). Saglabājas hipotēze, ka agrā jaunībā izretināto audžu krājas atšķirības (valdaudzes koku skaits un ar to saistītais šķērslaukums) saistītas ar šo audžu ģenētiskajām savdabībām.



2. attēls. Bērzu valdaudžu krājas un vidējā augstuma sakarības sausieņu mežos, āreņos un kūdreņos.

Lietderīgi atzīmēt, ka minētajās audžu paraugkopās (populācijās) krājas atšķirības neparādās tikai 25-30 m augstās audzēs, bet raksturo visu augšanas gaitu (3. att.).



3. attēls. No izretinātām jaunaudzēm izveidoto bērza audžu ražība Zemgales un Dienvidlatgales MS salīdzinājumā ar oficiālajiem datu bāzes vidējiem rādītājiem; iekrustotas audzes, kurās ievākti paraugi stumbra koksnes ģenētisko savdabību analīzei.

Ikvienas audzes ģenētisko savdabību analīzei mežā (skat. 3. un 4. tabulas iekrāsotās rindas) ievākti paraugi no 50 un 30 valdaudzes kokiem, izņemot trešās Krafta klases tievākos kokus. Tādējādi ražīgākās audzes Zemgales MS kopumā raksturo 150 koki ar fiksētiem stumbru caurmēriem. Statistiskie aprēķini liecina, ka ražīgāko audžu vidējais caurmērs $D=27,4$ cm; audžu vidējais augstums 28,8 m. Ražību galvenokārt ietekmē valdaudzes koku šķērslaukums G ($46 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ salīdzinājumā ar datu bāzi, kur $G=28 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$). No šiem parametriem izriet audžu vidējās krājas neparedzētās atšķirības: $586 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ un $345 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, kas rosina analizēt audžu ģenētiskās savdabības, meklējot to lomu valdaudzes koku skaita un šķērslaukuma īpatnējā noturībā laika gaitā.

Ģenētiskajai analīzei ievākti stumbra koksnes paraugi pa 50 kokiem Svirlaukas, Klīves un Līvberzes iecirkņu bērzu audzēs, kuras, visticamākais, veidojušās no retām jaunaudzēm. Atbilstoši pieņemtajai metodikai, t.i., izvēloties tikai valdaudzes resnākos kokus, visi paraugkoki ir numurēti, fiksējot to caurmēru krūšaugstumā un aprēķinot audzes vidējo augstumu. Izvēlēto koku vidējie caurmēri (5.-7. tabula) ir lielāki nekā audzes caurmērs. Iepriekšējā gadā veiktie pētījumi par skuju koku audžu ģenētiskajām savdabībām liecina, ka visas trīs audzes lietderīgi apvienot vienā paraugkopā, tādējādi veidojot bērza audžu izlasi, kuras dati salīdzināmi ar citas (mūsu gadījumā – Dienvidlatgales MS) līdzīgi izveidotas izlases DNS rādītājiem.

Dienvidlatgales MS ievākti 90 stumbru koksnes paraugi no ražīgākajām bērzu audzēm. Statistiskie aprēķini liecina, ka mūsu izvēlētajās audzēs vidējais caurmērs ir 30,2 cm, t.i. lielāks nekā Zemgales MS mērītajās audzēs, un audžu vidējais augstums $H=28,7$ m, kas sakrīt ar Zemgales MS audžu vidējo augstumu. Samērā nelielās valdaudzes koku šķērslaukumu atšķirības – analizētajos parauglaukumos $G=26,8 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ un datu bāzē esošos $G=23,6 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ – nosaka, ka samērā nelielas ir arī audžu krājas atšķirības: $M=342 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ un $M=263 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$.

Lietderīgi atcerēties, ka abas parauglaukumu izlases ir veidotas no labākajām bērzu audzēm Zemgales un Dienvidlatgales mežsaimniecībās un ģenētiskās savdabības analīzes rezultāti neraksturo atšķirības starp labākajām un sliktākajām audzēm šo mežsaimniecību ietvaros. Briestaudžu ražības izšķirošie rādītāji ir lielāka koku skaita saglabāšanās valdaudzēs un ar to saistītajiem šķērslaukumiem un krājai. Ikvienā mežsaimniecībā pie vienāda audzes vidējā augstuma ražības rādītāji atšķiras pat trīskārt, un šīs atšķirības neraksturo mūsu ievāktais materiāls.

PATREIZĒJIE REZULTĀTI

5. tabula

Bērza stumbru caurmēri ģenētiskās savdabības izpētei

N.p.k.	d, cm
1	40
2	30
3	32
4	34
5	32
6	33
7	28
8	41
9	27
10	37
11	47
12	42
13	27
14	32
15	24
16	26
17	36
18	31
19	42
20	42
21	26
22	28
23	31
24	32
25	38
26	33
27	30
28	26
29	26
30	43
31	34
32	26
33	45
34	31
35	30
36	25
37	28
38	32
39	33
40	24
41	47
42	38
43	39
44	42
45	43
46	36
47	28
48	32
49	26
50	27

Zemgales MS Svirlaukas iec. (R1)

201.kv., 6. nog.

Statistiskie rādītāji	d, cm
Vidējais aritmētiskais	33,2
Vid. aritm. standartkļūda	0,92
Mediāna	32
Moda	32
Standartnovirze	6,5
Ekscess	-0,80
Asimetrija	0,53
Minimums	24
Maksimums	47
Skaits	50

Bērza stumbru caurmēri ģenētiskās savdabības izpētei

N.p.k.	d, cm
1	38
2	27
3	26
4	32
5	37
6	27
7	28
8	31
9	35
10	29
11	34
12	37
13	24
14	31
15	28
16	28
17	32
18	35
19	30
20	37
21	33
22	48
23	41
24	32
25	33
26	40
27	26
28	33
29	27
30	24
31	28
32	35
33	43
34	29
35	31
36	29
37	30
38	25
39	32
40	30
41	24
42	25
43	30
44	24
45	28
46	27
47	30
48	26
49	34
50	27

Zemgales MS Klīves iec. (R2)

260.kv., 4. nog.

Statistiskie rādītāji	d, cm
Vidējais aritmētiskais	31,0
Vid. aritm. standartkļūda	0,74
Mediāna	30
Moda	27
Standartnovirze	5,2
Ekscess	1,26
Asimetrija	1,04
Minimums	24
Maksimums	48
Skaitis	50

Bērza stumbru caurmēri ģenētiskās savdabības izpētei

N.p.k.	d, cm
1	25
2	26
3	28
4	32
5	35
6	50
7	36
8	24
9	35
10	22
11	36
12	34
13	22
14	24
15	25
16	25
17	25
18	26
19	23
20	25
21	36
22	25
23	24
24	22
25	30
26	26
27	27
28	24
29	25
30	28
31	25
32	24
33	36
34	40
35	31
36	29
37	32
38	28
39	24
40	32
41	32
42	40
43	28
44	34
45	39
46	30
47	26
48	23
49	39
50	31

Zemgales MS Līvberzes iec. (R3)

228.kv., 8. nog.

Statistiskie rādītāji	d, cm
Vidējais aritmētiskais	29,4
Vid. aritm. standartkļūda	0,85
Mediāna	28
Moda	25
Standartnovirze	6,0
Ekscess	1,27
Asimetrija	1,10
Minimums	22
Maksimums	50
Skaitis	50

Bērza stumbru caurmēri ģenētiskās savdabības izpētei

Npk	d, cm
1	36
2	42
3	28
4	31
5	34
6	31
7	45
8	29
9	24
10	29
11	26
12	33
13	35
14	37
15	27
16	40
17	36
18	29
19	40
20	29
21	31
22	23
23	28
24	34
25	26
26	29
27	29
28	25
29	29
30	29
31	25

Dienvidlagales MS Viesītes iec. (mR1)

238. kv. 22. nog.

Stat. rādītāji	d, cm
Vidējais aritmētiskais	31,3
Vid. aritm. standartkļūda	0,98
Mediāna	29
Moda	29
Standartnovirze	5,5
Ekscess	0,09
Asimetrija	0,80
Minimums	23
Maksimums	45
Skaitis	31

Bērza stumbru caurmēri ģenētiskās savdabības izpētei

Npk	d, cm
1	33
2	26
3	28
4	26
5	28
6	29
7	32
8	22
9	24
10	26
11	27
12	25
13	27
14	35
15	27
16	34
17	33
18	32
19	35
20	27
21	29
22	32
23	38
24	24
25	35
26	33
27	27
28	33
29	40
30	29
31	27

Dienvidlagales MS Viesītes iec. (mR2)

239. kv. 21. nog.

Stat. rādītāji	d, cm
Vidējais aritmētiskais	29,8
Vid. aritm. standartkļūda	0,79
Mediāna	29
Moda	27
Standartnovirze	4,4
Ekscess	-0,45
Asimetrija	0,44
Minimums	22
Maksimums	40
Skaitis	31

Bērza stumbru caurmēri ģenētiskās savdabības izpētei

Npk	d, cm
1	36
2	31
3	41
4	27
5	25
6	27
7	27
8	28
9	40
10	31
11	30
12	31
13	32
14	40
15	31
16	25
17	27
18	25
19	31
20	34
21	24
22	26
23	40
24	27
25	23
26	26
27	26
28	30
29	22
30	25
31	30

Dienvidlagales MS Nīcgales iec. (mR3)

187. kv. 18. nog.

Stat. rādītāji	d, cm
Vidējais aritmētiskais	29,6
Vid. aritm. standartkļūda	0,94
Mediāna	28
Moda	31
Standartnovirze	5,2
Ekscess	0,06
Asimetrija	0,91
Minimums	22
Maksimums	41
Skaitis	31

Ražībā atšķirīgajās bērzu audzēs ģenētiskā savdabība tika analizēta izmantojot hloroplastu DNS mikrosatelītu marķierus, kas uzrāda mazāku ģenētisko daudzveidību populāciju ietvaros, toties sniedz vairāk informācijas par starppopulāciju ģenētiskām atšķirībām.

Ģenētisko savdabību analīze

Materiāls DNS izdalīšanai tika savākts ar pieauguma āmura palīdzību apm. 2 – 5 cm dziļumā zem koka kambija slāņa. Paraugu tūlīt pēc ievākšanas ievieto ūdenī un iztur apm. 24 stundas. Ūdens slāni atdala, paraugu nosusina.

1. DNS izdalīšana no bērza koksnes.

Apm. 200 mg koksnes parauga sasmalcināja (aptuveni $1 \times 5 \times 3$ mm) un ievietoja 2 ml stobriņā ar apaļu dibenu. Katrā stobriņā tika ievietota viena nerūsējošā tērauda lodīte ar diametru 5 mm, stobriņus ievietoja lodīšu dzirnavas adapteros, kurus izturēja šķidrā slāpekļī 2 minūtes, tad tos ievietoja lodīšu dzirnavās „MM-400” (*Retch*, Vācija) un kratīja 30 Hz frekvencē 2 min. Adapterus atkārtoti ievietoja uz 2 minūtēm šķidrā slāpekļī un vēlreiz veica smalcināšanu lodīšu dzirnavās.

Bērzu paraugu DNS iegūšanai tika izmantots firmas „*Fermentas*” (Lietuva) komplekts DNS izdalīšanai ar neredz modificētu protokolu.

- pie lizējošā šķīduma labākai ogļhidrātu atdalīšanai tika pievienots Polividons 25 (*Merck*) (0,04g/1 ml)
- ekstrakciju veica ar hloroforma-izoamilspirta maisījumu (24:1)

Bērzu paraugu DNS koncentrācija tika noteikta spektrofotometriski.

2. Izmantotie mikrosatelītu praimeris.

Bērzu paraugu genotipēšanai tika izmantoti sekojoši mikrosatelītu praimeru pāri: (11. tabula)

11. tabula

Genotipēšanai izmantotie praimeris

Praimeris	Sekvence
psb1F	5'- [6-FAM]- ACTGCCTTGATCCACTTGGCTA
psb1R	5'- CTCTCAAGAGGATTGCTATTGCT
matK1F	5'- [HEX]-GAGTCTTAGCTGTTCCGGGGT
matK1R	5'- GATTCTGTTGATACATTCGCGTAA
trn1F	5'- [NED]- GTGGGAGTGTCTCACGGATT
trn1R	5'- CTGATCTTGCTTGCTAATGATC

3. Genotipēšanas polimerāzes ķēdes reakcijas (PĶR) reakcijas apstākļi

Tika izmantots sekojošs PĶR reakcijas režīms:

95°C 5 min, 38 cikli 95°C 30 sek, 50°C 30 sek, 72°C 30 sek; 72°C 10 min.

PĶR reakcijas maisījums:

Kopējais tilpums 20 µl, kas satur 50 ng izejas DNS, 1xPCR buferšķīduma, 2 mM MgCl₂, 0,2mM dNTP mix, 0,5 U Taq polimerāze (*Fermentas*), 0,2 µl tiešā un reversā praimera.

4. Genotipēšana

Apvieno pa 1 µl, katru PĶR amplificētos fragmentus ar atšķirīgām krāsvielu iezīmēm (6-FAM, HEX, NED), pievieno 0,7 µl GeneScan TM -350 ROX TM Size Standard un 8 µl, Hi-Di TM formamīda. Denaturē termociklera aparātā pie 95°C 5 minūtes.

Strauji atdzesē līdz 0°C.

Genotipē ar Applied Biosystems ģenētisko analizatoru 3130XL.

5. Ģenētiskā analīze

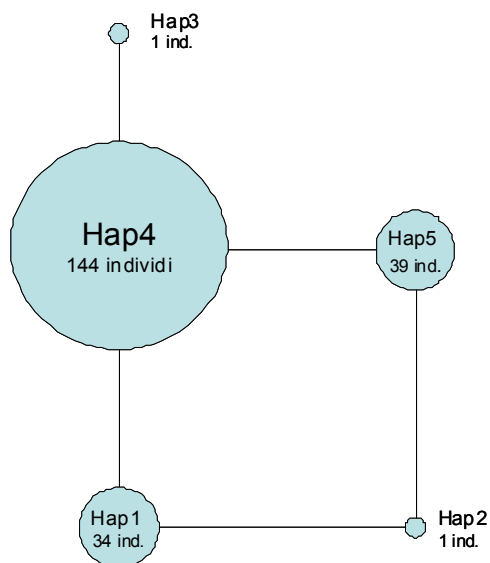
No atrasto alēles kombinācijām izveidoti haplotipi tālākai analīzei. Ģenētiskā analīze veikta ar GenAlEx6.1 programmu (Peakall, R. and Smouse P.E. (2006) GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*. 6, 288-295).

Dažādas ražības bērzu audžu ģenētiskā analīze

Bērzu audžu ģenētiskā analīze tika veikta ar trim hloroplastu marķieriem (11. tabula). Diemžēl marķieris matK1 neatklāja polimorfismu analizētajā bērzu materiālā. Tamdēļ datu analīze veikta tikai ar diviem marķieriem un iegūtie bērzu genotipi un haplotipi apkopoti 1. pielikumā.

Ar marķieri psb1 tika atrastas 2 alēles (318 un 319), un ar marķieri trn1 tika atrastas 3 alēles (183, 184 un 185). Šo alēļu kombinācijas veido 5 haplotipus (1. pielikums).

4. attēlā redzams minimālais tīkls, kur attēlots ģenētiskās attiecības starp atrastiem haplotipiem. Katrs savienojums reprezentē vienu mutācijas soli starp haplotipiem. Apļu lielums uzrāda cik indivīdi ar šo haplotipu atrasti analizētās audzēs. Hap4 ir centrālais haplotips, jo no šā haplotipa uz pārējiem haplotipiem ir viens mutācijas solis (atskaitot uz Hap2, kur ir 2 mutācijas soļi). Attiecīgi, šis haplotips ir atrodams visaugstākā frekvencē (144 indivīdos no 219). Hap1 un hap5 atrodami līdzīgā frekvencē (34 un 39 indivīdos), bet hap3 un hap2 katrs atrodams tikai 1 indivīdā.



4. attēls. Minimālais tīkls starp atrastiem haplotipiem. Katra savienojošā līnija reprezentē vienu mutācijas soli.

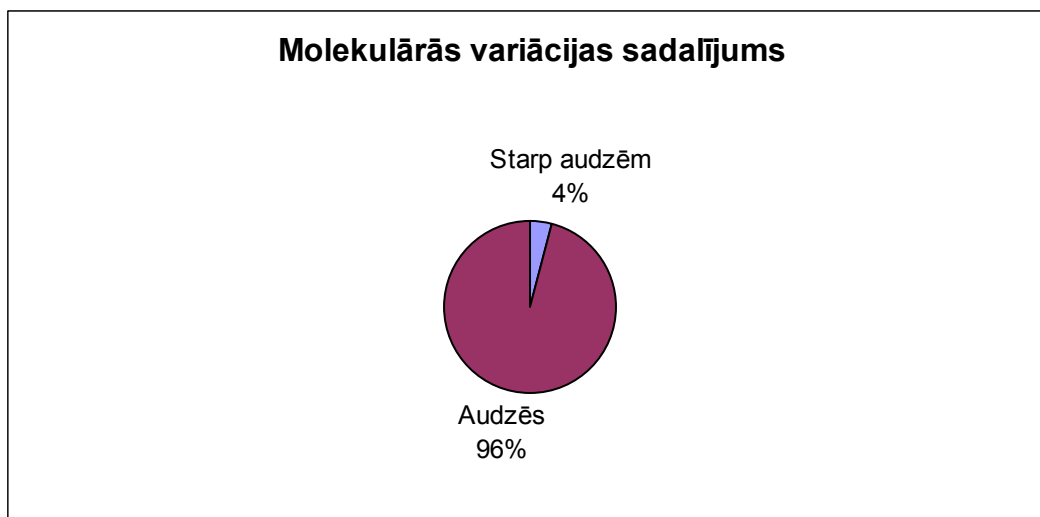
Analizējamās bērzu audzes tika sadalītas divās populācijās – ražīgas un mazāk ražīgas. Atrastās haplotipu frekvences parādītas 12. tabulā. Kā redzams, atrasto alēļu frekvences ražīgajā un mazāk ražīgajā populācijās ir nedaudz atšķirīgas. 2. un 3. haplotipi reprezentēti tikai ar 1 indivīdu.. Abi šie retie haplotipi atrasti ražīgākās audzēs, tomēr šo atšķirību varētu izskaidrot arī ar atšķirīgo analizēto indivīdu skaitu (135 ražīgās audzēs, 84 mazāk ražīgās audzēs).

12. tabula

Haplotipu frekvences ražīgās (R) un mazāk ražīgās (mR) bērzu audzēs

Haplotips	R	mR
1	0.200	0.083
2	0.007	0.000
3	0.007	0.000
4	0.585	0.774
5	0.200	0.143

Veicot AMOVA (molekulārās variācijas analīze) atrasts, ka 4% ģenētiskās variācijas atrodas starp dažādas ražības audzēm, un 96% audžu ietvaros ($p < 0,007$) (5. attēlā).



5. attēls. AMOVA analīze, uzrādot ģenētisko sadalījumu starp ražīgām un mazāk ražīgām bērzu audzēm.

Šie dati uzrāda nelielu ģenētisko atšķirību starp populācijām, tomēr šī atšķirība ir lielāka nekā tika atrasta ar kodola DNS marķieriem starp dažādu reģionu Latvijas bērzu audzēm (Zhuk *et al*, 2008 Assessment of genetic diversity in Latvian silver birch *Betula pendula* Roth populations. *Latvijas veģetācija* 18: 5-12.).

Lai dziļāk izpētītu šīs atšķirības, tās tika sadalītas to veidojošās audzēs R1(S), R2, R3, mR1, mR2, mR3. Populācijas veidojošo audžu savstarpējie ģenētiskie attālumi (Nei 1976) parādīti 13. tabulā.

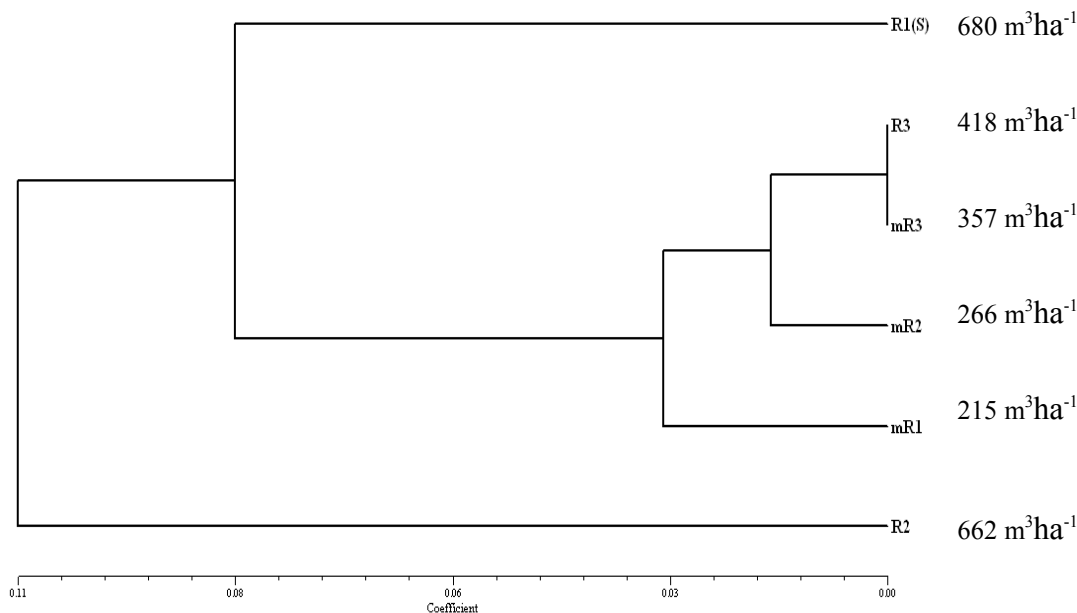
13. tabula

Nei (1976) ģenētiskie attālumi starp analizētām audzēm

	R1(S)	R2	R3	mR1	mR2	mR3
R1(S)	0.000					
R2	0.126	0.000				
R3	0.059	0.076	0.000			
mR1	0.101	0.193	0.024	0.000		
mR2	0.123	0.070	0.012	0.041	0.000	
mR3	0.048	0.085	0.001	0.022	0.019	0.000

UPGMA dendrogramma, izmantojot Nei ģenētiskos attālumus (6. attēls), uzrāda, ka R3 (Līvbērze) un mR3 (Nīcgale) audzes ir ļoti līdzīgas, mazliet atšķirīgākas ir mR1 un mR2

(Viesīte) audzes. Audze R1 (Svirlauka) ir atsevišķā klasterī, un audze R2 (Klīve) ir ģenētiski visatšķirīgākā no visām audzēm.



6. attēls. UPGMA dendrogramma izmantojot Nei (1976) ģenētiskos attālumus.

SECINĀJUMI

Parauglaukumu izlases ir veidotas no ražīgākajām bērzu briestaudzēm Zemgales un Dienvidlatgales mežsaimniecībās, kas visticamāk cēlušās no retām jaunaudzēm. Audžu sakārtojums dendrogrammā un to ražība (koksnes krāja m^3ha^{-1}) – rādītājs, kas nav izmantots dendrogrammas izveidē, sakrīt samērā cieši robežās no $680 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ līdz $215 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$. Līdzīga situācija bija vērojama arī iepriekšējā gadā analizētajās egļu audzēs. Izņēmums ir vienas ģenētiski visatšķirīgākās audzes (Klīve) izvietojums, kuras ražība ir otra visaugstākā, un ģenētisko attālumu izklājumā tā atrodas blakus visražīgākajai Viesītes audzei.

Rezultāti tika iegūti ar hloroplasta marķieriem, kuri uzrādīja ļoti zemu polimorfismu. No tiem var secināt, ka nav īpašas izcelsmes atšķirības starp ražīgām un mazāk ražīgām bērzu audzēm. Tomēr precīzākai bērzu audžu izcelsmes noteikšanai būtu nepieciešams izmatot lielāku skaitu hloroplasta marķierus.

Arī, lai precīzāk izpētītu dažādas ražības bērzu audžu ģenētisko daudzveidību un radniecību, saglabājas hipotēze izmantot kodola SSR marķierus, kuri atklāj augstāku polimorfismu līmeni.

1. pielikums. Analizēto audžu genotipi un haplotipi

Parauga #	Audze	psb genotips	trn genotips	Haplotips
1	R1(S)	319	184	4
3	R1(S)	318	184	1
4	R1(S)	319	184	4
5	R1(S)	318	184	1
7	R1(S)	319	183	3
8	R1(S)	319	184	4
9	R1(S)	319	184	4
10	R1(S)	319	184	4
11	R1(S)	319	185	5
12	R1(S)	318	184	1
13	R1(S)	318	184	1
14	R1(S)	318	184	1
15	R1(S)	319	184	4
16	R1(S)	319	185	5
17	R1(S)	319	184	4
18	R1(S)	318	184	1
19	R1(S)	318	184	1
21	R1(S)	318	184	1
22	R1(S)	319	184	4
24	R1(S)	319	184	4
25	R1(S)	319	184	4
26	R1(S)	319	184	4
27	R1(S)	319	184	4
28	R1(S)	319	184	4
29	R1(S)	319	184	4
30	R1(S)	319	184	4
31	R1(S)	319	184	4
32	R1(S)	319	184	4
33	R1(S)	319	185	5
34	R1(S)	318	184	1
35	R1(S)	319	184	4
36	R1(S)	319	185	5
37	R1(S)	319	184	4
38	R1(S)	318	184	1
39	R1(S)	319	184	4
40	R1(S)	318	184	1
41	R1(S)	319	184	4
42	R1(S)	318	184	1
43	R1(S)	318	184	1
44	R1(S)	319	184	4
45	R1(S)	319	184	4
46	R1(S)	318	184	1
47	R1(S)	319	184	4
48	R1(S)	319	184	4
49	R2	318	184	1
50	R2	318	185	2
51	R2	319	185	5
52	R2	319	184	4
53	R2	318	184	1
54	R2	318	184	1
55	R2	319	184	4
57	R2	319	185	5
58	R2	319	184	4

59	R2	319	184	4
60	R2	319	184	4
61	R2	319	184	4
62	R2	319	185	5
63	R2	319	184	4
64	R2	319	185	5
65	R2	319	185	5
66	R2	319	184	4
68	R2	319	184	4
69	R2	319	184	4
70	R2	318	184	1
71	R2	319	185	5
72	R2	319	185	5
73	R2	318	184	1
74	R2	319	185	5
75	R2	318	184	1
76	R2	319	184	4
77	R2	319	185	5
78	R2	319	184	4
79	R2	319	184	4
80	R2	319	185	5
81	R2	319	185	5
82	R2	319	184	4
83	R2	319	185	5
84	R2	319	184	4
86	R2	319	184	4
87	R2	319	185	5
88	R2	319	184	4
89	R2	319	184	4
90	R2	319	184	4
92	R2	318	184	1
93	R2	319	185	5
94	R2	319	184	4
95	R2	319	184	4
96	R2	319	185	5
97	R3	319	184	4
98	R3	319	184	4
99	R3	319	184	4
100	R3	319	184	4
101	R3	319	184	4
102	R3	319	184	4
103	R3	319	184	4
104	R3	319	184	4
105	R3	319	184	4
106	R3	319	184	4
107	R3	318	184	1
108	R3	319	184	4
109	R3	318	184	1
110	R3	319	184	4
111	R3	319	185	5
112	R3	319	184	4
113	R3	319	184	4
114	R3	319	184	4
115	R3	319	184	4
116	R3	319	184	4
117	R3	319	184	4

118	R3	318	184	1
119	R3	319	185	5
120	R3	319	184	4
121	R3	319	185	5
122	R3	319	184	4
123	R3	319	184	4
124	R3	319	185	5
125	R3	318	184	1
126	R3	319	184	4
127	R3	319	184	4
128	R3	319	184	4
129	R3	319	184	4
130	R3	319	184	4
131	R3	319	184	4
132	R3	319	184	4
133	R3	319	184	4
134	R3	319	185	5
135	R3	319	185	5
137	R3	319	185	5
138	R3	318	184	1
139	R3	319	184	4
140	R3	319	184	4
141	R3	319	185	5
142	R3	318	184	1
143	R3	319	184	4
144	R3	319	184	4
145	mR1	319	184	4
146	mR1	319	184	4
147	mR1	319	184	4
148	mR1	319	184	4
149	mR1	319	184	4
150	mR1	319	184	4
151	mR1	319	184	4
153	mR1	319	184	4
154	mR1	319	184	4
155	mR1	319	184	4
156	mR1	319	184	4
157	mR1	319	184	4
158	mR1	319	184	4
159	mR1	319	184	4
160	mR1	319	184	4
161	mR1	319	184	4
162	mR1	319	184	4
163	mR1	319	184	4
164	mR1	319	184	4
165	mR1	319	184	4
166	mR1	319	184	4
167	mR1	319	184	4
169	mR1	319	185	5
170	mR1	319	184	4
171	mR1	318	184	1
172	mR1	319	184	4
173	mR1	318	184	1
174	mR1	319	184	4
175	mR2	319	185	5
176	mR2	319	185	5

177	mR2	319	184	4
178	mR2	319	184	4
179	mR2	319	184	4
180	mR2	319	185	5
181	mR2	319	184	4
182	mR2	319	184	4
183	mR2	319	185	5
185	mR2	319	184	4
186	mR2	319	184	4
187	mR2	319	184	4
188	mR2	319	184	4
189	mR2	319	184	4
190	mR2	319	184	4
191	mR2	319	184	4
192	mR2	319	185	5
193	mR2	319	184	4
194	mR2	319	184	4
195	mR2	319	184	4
196	mR2	319	184	4
197	mR2	319	184	4
198	mR2	319	184	4
199	mR2	319	184	4
200	mR2	319	185	5
201	mR2	319	184	4
202	mR2	319	184	4
203	mR2	318	184	1
204	mR2	319	185	5
205	mr3	318	184	1
206	mr3	319	184	4
207	mr3	319	184	4
208	mr3	318	184	1
209	mr3	319	184	4
210	mr3	319	184	4
211	mr3	319	185	5
212	mr3	318	184	1
213	mr3	319	184	4
214	mr3	319	184	4
215	mr3	319	184	4
217	mr3	319	184	4
218	mr3	319	184	4
219	mr3	319	184	4
220	mr3	319	184	4
221	mr3	319	185	5
222	mr3	318	184	1
223	mr3	319	184	4
225	mr3	319	185	5
226	mr3	319	184	4
227	mr3	319	184	4
228	mr3	319	184	4
230	mr3	319	184	4
231	mr3	319	184	4
232	mr3	319	185	5
233	mr3	319	184	4
234	mr3	319	184	4