
Hibrīdapšu (*Populus tremuloides* x *Populus tremula*) klonu salīdzināšana un atlase

M. Zeps, D. Auzenbaha, A. Gailis, LVMI „Silava”,
A. Treimanis, U. Grīnfelds, Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts

Kopsavilkums: Ātraudzīgu papēļu vai to hibrīdu īscirtmeta plantācijas audzē daudzās valstīs. Latvijas apstākļiem piemērots ir Amerikas apses (*Populus tremuloides*) krustojums ar parasto apsi (*Populus tremula*), kura pēcnācējiem pirmajā F1 paaudzē novērojams heterozes efekts – tie augšanā ir pārāki salīdzinājumā ar vecāku kokiem.

Hibrīdapšu stādījumos, kuri ierīkoti bloku parcelēs, lielākās iedzimstamības koeficienta vērtības produktivitāti raksturojošām pazīmēm ir koku augstumam, kas svārstās no 0,29 līdz 0,47, bet vienkoka parcelēs – koku produktivitātei. Klonu rangu sadalījums eksperimentos veikts pēc lielākās iedzimstamības koeficienta vērtības. Hibrīdapšu klonu koku augstuma selekcijas starpības atsevišķiem kloniem ir par 10 % lielākas nekā audzes vidējam rādītājam. Vislielākā koka augstuma selekcijas starpība ir 9. klonam, kas pārsniedz vidējo audzes rādītāju (15,1 m) par 2,1 metru. Salīdzinot selekcijas starpību stumbra caurmēram krūšaugstumā un stumbra tilpumam, 9. klons nav pats izcilākais, tomēr ierindojams starp 5 labākajiem audzes kloniem.

No koksnes īpašībām galvenokārt izvērtēts koksnes blīvums, kas korelē ar tādām koksnes mehāniskajām īpašībām, kā liece ($r=0,91$) un spiede ($r=0,94$). Celulozes un lignīna saturs analizētajos paraugos atšķiras par 10-15 %, kas ir nozīmīgi koksnes ķīmiskai pārstrādei.

Mikroklonālajai pavairošanai derīgi hibrīdapšu kloni, kam proliferācijas jeb pavairošanas koeficients ir lielāks par 5. Rūpnieciskai ražošanai izvēlētajiem kloniem ir jāatbilst gan saimnieciskām, gan mikroklonālās pavairošanas prasībām: šobrīd Meža reprodiktīvā materiāla ieguves avotu reģistrā ietverti 18 hibrīdapšu kloni, kas atbilst visiem trim izvirzītajiem atlases kritērijiem - produktivitāte, stumbra un zaru kvalitāte, koksnes īpašības un pavairošanas koeficients - un ieteikti kā piemēroti plantāciju ierīkošanai.

Nozīmīgākie vārdi: apse, hibrīdapse, selekcija.

...

M. Zeps, D. Auzenbaha, A. Gailis, LSFRI „Silava”, A. Treimanis, U. Grīnfelds, Latvian State Institute of Wood Chemistry. **Evaluation and selection of hybrid aspen (*Populus tremuloides* x *Populus tremula*) clones.**

Abstract: Short rotation plantations of *Populus* species or there hybrids are grown in many countries. Hybrid between American aspen (*Populus tremuloides* Mich.) and common aspen (*Populus tremula* L.) and that demonstrates heterosis effect in first generation is most appropriated for Latvian conditions. Demand for aspen wood increased in mid-nineties of previous century, due to development of paper-industry. Newly created chemically-mechanical paper production technology was more nature-friendly and suitable for high-quality paper production.

It required, however, raw material with certain properties and quantities that could be produced by specially selected clones in hybrid aspen plantations. This development triggered hybrid-aspen breeding activities in Latvia.

Selection of hybrid aspen clones is a 3 step process: 1) evaluation of growth and quality traits in trials; 2) evaluation of wood properties of fast growing clones; 3) estimation of *in vitro* propagation coefficient of otherwise superior clones. Results of first step are demonstrated based on data from 3 trials, where tree height and diameter has been measured, stem straightness, branch thickness and angle visually assessed (in 3 grades) and number of spike knots noted. Highest heritability values was found for tree height ($H^2=0,29-0,47$), therefore this trait were chosen as main selection criteria. Selection differential above 10% was noticed for several clones and was especially high for clone Nr. 9 (2,1 m above average in experiment – 15,1 m). Clone Nr. 9 is among 5 best in ranking also according to stem volume and breast height diameter. Evaluation of wood properties (second selection step) reveal that wood density can be used as a selection criteria, since it has high correlation bending and compression strength ($r=0,91$ and $r=0,94$ respectively) as well as with wood calorific value. Selection differential of cellulose and lignin content reached 10-15%, demonstrating notable differences in suitability of clones for paper-industry. *In vitro* proliferation coefficient at least 5 is required for efficient industrial propagation, which is rather high in comparison to average and stipulates high selection intensity in third selection step. In the register of forest reproductive material 18 hybrid aspen clones have been included. These clones are selected according all four criteria – productivity, stem and branch quality, wood properties and coefficient of *in vitro* propagation, and are therefore suitable for establishment of plantations.

Key words: Aspen, hybrid aspen, breeding.

...

М. Зепс, Д. Аузенбаха, А. Гайлис, ЛГИАН «Силава», А. Трейманис, У. Гринфелдс, Латвийский Институт химии древесины. **Сопоставление и отбор клонов гибридной осины (*Populus tremuloides* x *Populus tremula*).**

Резюме: Плантации скороспелых осин с коротким оборотом рубки созданы во многих странах. Для климатических условий Латвии самым пригодным вариантом является скрещивание осины американской с осиной обыкновенной, у потомков которого в первом поколении F1 наблюдается эффект гетерозиса, когда потомки превосходят по росту деревьев-родителей.

В посадках гибридной осины, которые заложены в блоковых парцеллах, наибольшие значения коэффициента наследственности у признаков, характеризующих продуктивность, имеет высота деревьев, которая колеблется в пределах от 0,29 до 0,47, но в парцеллах с одним деревом - таковой является продуктивность.

Селекционные разности по высоте деревьев у некоторых клонов на 10% выше среднего показателя посадки. Наибольшую разность по высоте имеет клон 9, превышая средний показатель посадки (15,1 м) на 2,1 м; сравнивая селекционную разность

15 m³ ha⁻¹ gadā. Tomēr jaunākie pētījumi rāda, ka labāko klonu ikgadējais pieaugums ir ap 20 m³ ha⁻¹ (Stener, 2000). Kā zināms, apse pēc nociršanas veido atvasāju, kas aug straujāk un tā kvalitāte parasti ir labāka, ko raksturo taisni stumbri, ātrāka atzarošanās. Somijā kā optimāli ieteikti 2 līdz 3 rotācijas cikli (20 līdz 30 gadus katrs), tādējādi iegūstot ap 300 m³ ha⁻¹ katrā ciklā (Beuker, 2000). Otrajam un trešajam rotācijas ciklam izmanto tikai atvases. Platībās ar lielu dzīvnieku blīvumu veicami aizsardzības pasākumi pret meža dzīvnieku bojājumiem; komerciālās kopšanas neveic, tikai pirmo retināšanu, atstājot uz 1 ha optimālo kociņu skaitu ~1000 gab. (Pullkinen, 2002). Kaut arī sākotnējās izmaksas ir lielas, (dārgs stādāmais materiāls, aizsardzības pasākumi pret dzīvniekiem – žogs, aizsargcaurules uc.), tomēr ņemot vērā, ka nākošās aprites jau atjaunojas dabiski, hibrīdapse tiek vērtēta kā viena no plantāciju ierīkošanai perspektīvākajām koku sugām (Hynynen, Karlsson, 2002).

Šobrīd, pamatojoties uz selekcionāra J. Smilgas pētījumu rezultātiem pagājušā gs. 60.–80. gados, ar LVM „Sēklas un stādi” finansiālu atbalstu no 2005. gada, pēc zināma pārtraukuma, ir atsākti parastās apsēs (*Populus tremula* L.) un hibrīdapšu (*Populus tremuloides* x *Populus tremula* L.) selekcijas darbs, izvērtējot esošo hibrīdapšu ģimeņu materiālu un tā pielietošanas iespējas turpmākajos pētījumos, kā arī no ierīkotajiem klonu izmēģinājuma stādījumiem atlasot produktīvākos un kvalitatīvākos hibrīdapšu klonus stādu audzēšanai un plantāciju ierīkošanai.

Materiāls un metodika

Analizēti 3 hibrīdapšu klonu izmēģinājuma stādījumi, kas ierīkoti bijušajās

lauksaimniecības zemēs:

Eksperiments Nr. 62.

Ierīkots 1996. gadā Iecavā. Stādīšanas attālums 2 x 2 m – 2500 koku uz ha, bloku parcelēs (3 x 5 koki). Stādījums ierīkots četros atkārtojumos, no kuriem 2 iznīcinājuši bebri, jo platība nav iežogota. Kloni 2, 8, 17, 21, 25, 26, A, C, D saglabājušies tikai vienā atkārtojumā un tādēļ korekta to novērtēšana nav izdarāma. Stādījumā ietvertas 24 hibrīdās un 5 parastās apsēs, kā arī 2 parastās apsēs triploīdie kloni. Eksperimenta atkārtota uzmērīšana un izvērtēšana veikta 2005. un 2007. gada rudenī.

Eksperiments Nr. 65

Ierīkots 2000. gadā Ukru pagastā 25 koku parcelēs (5 x 5 koki) - 1100 koku uz ha. Stādījumā ir 10 hibrīdās un 6 parastās apsēs kloni un 2 triploīdie parastās apsēs kloni. Platība tika iežogota, tomēr žogs, kā aizsargs, kalpojis tikai dažus gadus. Dzīvnieku bojājumi galvenokārt konstatēti parastajai apsei un tās triploīdajai formai. Tas skaidrojams ar hibrīdapšu sasniegtajiem lielajiem izmēriem, kas tās pasargājis no būtiska stirnu kaitējuma.

Eksperimenta uzmērīšana un izvērtēšana veikta 2007. gada ziemā.

Eksperiments Nr. 63

Ierīkots Valmieras rajonā un sastāv no divām daļām: pirmā ierīkota 1996. gadā vienkoka parcelēs, bet otrā - 1997. gadā bloku parcelēs; stādīšanas attālums 2 x 2 m – 2500 koku uz ha. Stādījumā bloku parcelēs ir 17 hibrīdapšu kloni, bet vienkoka parcelēs 25 hibrīdapšu un 3 parastās apsēs kloni. Platība netika iežogota, līdz ar to konstatēti dzīvnieku bojājumi. Visvairāk no tiem cietuši stādījuma malējie koki, tomēr saglabāšanās kopumā ir virs 80%. Eksperimenta uzmērīšana un

izvērtēšana veikta 2008. gada ziemā.

Visos eksperimentos izmērīts katra koka augstums (m) un caurmērs (mm), uzskaitīti „padēli”. Vizuāli novērtēts stumbra taisnums, zaru resnums un to leņķis attiecībā pret stumbru 3 ballēs salīdzinājumā ar līdzīgu dimensiju kokiem tā paša eksperimenta ietvaros.

Visos eksperimentos zaru resnums novērtēts 3 ballu skalā: 1 – tievi zari, 2 – vidēji zari, 3 – resni zari, arī zaru leņķis 3 ballu skalā, kur 1 – zaru leņķis $\sim 90^\circ$ pret stumbra asi, 2 – zaru leņķis $75-85^\circ$ pret stumbra asi, 3 – zaru leņķis mazāks par 75° pret stumbra asi; stumbra taisnums – 3 ballu skalā, kur 1 – pilnīgi taisns, 2 – ar vienu likumu 3 – ar diviem vai vairāk likumiem, par likumu uzskatot tādu stumbra izliekumu, kura maksimālā novirze no stumbra iedomātās ass līnijas ir vismaz 5 cm, kā arī uzskaitīti slimību un dzīvnieku bojājumi.

Selekcijas procesā tieši var uzmērīt tikai koku pazīmju fenotipiskās vērtības, kuras nosaka gan ģenētiskie, gan vides faktori, gan to mijiedarbība. Izdarītās atlases ietekmi uz nākamo paaudzi, savukārt, nosaka tikai izvēlēto vecāku koku ģenētiskās vērtības. Tātad pēc fenotipa veiktās atlases ietekmi uz pazīmes vērtību nākamajā paaudzē nosaka fenotipisko un ģenētisko pazīmju vērtību sasaiste konkrētajā eksperimentā, ko raksturo iedzimstamības koeficients.

$$Y_{ijk} = \mu + b + f_k + ft_{ik} + fb(t)_{ijk} + e_{ijk}, \quad (1)$$

kur:

Y_{ijk} – individuāls fenotipiskais mērījums;

μ – pazīmes vidējā vērtība visā analizējamā eksperimentā;

b – atkārtojuma (stādījuma vietas ietvaros) ietekme;

f_k – klona ietekme;

ft_{ik} – aditīvā ģenētiskā efekta (klona) un stādījuma vietas mijiedarbības ietekme;

$fb(t)_{ijk}$ – ģenētiskā efekta (klona) un atkārtojuma (stādījuma vietas ietvaros) mijiedarbības ietekme;

e_{ijk} – fona ietekme.

Atbilstoši šim modelim, izmantojot SAS PROC MIXED, aprēķināta katra ar parametriem saistītā dispersijas komponente.

Iedzimstamības koeficients izskaitļots pēc formulas (Falconer 1996):

$$H^2 = \frac{s_g^2}{s_g^2 + s_b^2 + s_e^2}, \quad (2)$$

kur:

σ_g^2 – ģenētiskā efekta (ietverot gan aditīvo, gan dominances un epistatisko) noteiktā dispersijas komponente;

σ_{bf}^2 – atkārtojuma*klona mijiedarbības (parceles) dispersijas komponente;

σ_e^2 – vides apstākļu noteiktā dispersijas komponente.

Datu koriģēšanai, atbilstoši atkārtojuma ietekmei, tos parasti aprēķina kā novirzes no attiecīgā atkārtojuma vidējās vērtības, praktiski – izskaitļojot starpības. Augstāka precizitāte iegūstama, izmantojot BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) metodi ar SAS PROC MIXED solution funkciju.

Sadarbībā ar Koksnes ķīmijas institūta Celulozes laboratoriju uzsāktas hibrīdapšu koksnes analīzes. Šķiedru analīzei izmantota iekārta L&W Fiber Tester, kas izveidota ar mērķi – izmērīt šķiedras garumu ar minimālu tās deformāciju. Šķiedru garums ietekmē ne tikai saražotā papīra lapas stiprību, bet arī tās formēšanu. Būtiska nozīme ir arī šķiedru

platumam – šaurākas šķiedras nodrošina labāku un līdzsvarotāku lapas formēšanu. Smalkumi ir visas papīrmasas sastāvdaļas, kas mazākas par 0,2 mm un negatīvi ietekmē tās atūdeņošanu un nospiešanu. Papīrmasas malšanas procesā radušies smalkumi, respektīvi, fibrilētās šķiedras, savukārt palielina tās stiprību. Smalkumu saturs definējams kā to procentuālais daudzums šķiedrās. Papīrmasas sastāvdaļas, kuru garuma un platuma attiecība ir lielāka par 4, tiek definētas kā šķiedras. Šķiedru raupjuma pakāpe (*coarseness*) ir 1 m „garu” šķiedru svars, kas korelē ar šķiedru sienīņu biezumu un lokanību (Yu, 2000).

Lignīna daudzumu koksne un šķiedrās nosaka pēc Klāsona metodes, kas pazīstama kā sērskābē nešķīstoša lignīna noteikšanas metode. Apstrādājot koksni ar 72% sērskābes (H_2SO_4) šķīdumu, notiek celulozes un hemiceluložu hidrolīze skābes šķīdumā. Lignīna masas daļu procentos $w_{\%lignins}$ aprēķina pēc šādas formulas (Belayachi, Delmas 1995):

$$w_{\%lignins} = \frac{m_2 - m_1}{m * K_{saus}} * 100\%, \quad (3)$$

kur:

m_1 – izžāvēta stikla filtra masa, g;

m_2 – filtra un lignīna masa pēc žāvēšanas, g;

m – gaissausu skaidu parauga masa, g;

K_{saus} – koksnes sausnes koeficients.

Celulozes saturu nosaka ar Kiršnera metodi, vairākkārtēji apstrādājot koksnes skaidas ar slāpekļskābes un etilspirta maisījumu 90°C temperatūrā.

Ievadīšanai *in vitro* izmantoti pašreizējā gada dzinumi aktīvās augšanas fāzē ar latentiem sēnumpuriem. Dzinumi ievākti

no vainaga apakšējās daļas vai sakņu atvasēm, pēdējās ir daļēji juvenili dzinumi. Tas darīts tādēļ, ka fizioloģiskie un bioķīmiskie procesi šādos dzinumos pēc sterilizēšanas (izmantoti sadzīves vajadzībām lietojamie dezinfekcijas un balināšanas līdzekļi), ievadīšanas kultūrā un novietošanas optimālos augšanas apstākļos (+23°C, gaisa mitrums 70%, apgaismojums 3000 lx jeb 12 – 14 W m⁻²) noris daudz straujāk. Līdz ar to arī eksplanta attīstība sākas ātrāk un nostiprināšanās kultūrā noris straujāk.

Pamatbarotne visiem apšu kloniem ir 0,5% MS (Murashige & Skoog, 1962) – agarizēta barotne ar pievienotiem:

- vitamīniem (tiamīns, piridoksīns, nikotīnskābe, biotīns, askorbīnskābe),
- aminoskābēm (glicīns, glutamīns),
- ogļhidrātiem (saharoze, glikoze, mezoinozīts),
- fitohormoniem (auksīni, citokinīni).

Auksīni ir augu hormonu grupa, kas veicina eksplanta stiepšanos garumā un apsākšanos. Citokinīni sekmē latentu sēnumpuru attīstību, līdz ar to – proliferāciju (t.i. pavairošanos). Abu grupu fitohormonus, attiecīgi sabalansētās proporcijās, lieto, lai kultūrā veicinātu augu augšanu un vairošanos. Hibrīdapšu proliferācijas procesa nodrošināšanai par vispiemērotāko atzīts citokinīns BAP (6-benzilaminopurīns): lieto 0,1–0,5 mg uz vienu litru barotnes.

Sakņu attīstību panāk, barotnei pievienojot auksīnus:

- IES (indoliletiķskābe, heteroauksīns);
- IBA (indolilviestskābe);
- NES (naftiletiķskābe).

Atkarībā no hibrīda genotipa, pie vienādas aktīvo vielu koncentrācijas

identiskos kultivācijas apstākļos, no viena eksplanta pavairošanas fāzē iegūstams dažāds spraudņu skaits, ko sauc par pavairošanas jeb proliferācijas koeficientu un kuru pārbauda vismaz 3–6 pavairošanas pasāžās, eksplantus novietojot uz identiska mākslīgā substrāta un kultivējot noteiktu dienu skaitu.

Hibridapšu klonu atlase

Hibridapšu klonu atlase notiek trijos etapos:

1. etaps: fenotipisko parametru novērtēšana;
2. etaps: koksnes īpašību izvērtēšana;
3. etaps: piemērotības izvērtēšana

rūpnieciskai pavairošanai.

1. etaps. Fenotipisko parametru novērtēšana

Hibridapšu klonu ātraudzību un produktivitāti raksturo koku augstums,

caurmērs un stumbra tilpums noteiktā vecumā. Klonu ranžēšanai un labāko atlasei kāds no kritērijiem ir jāizvēlas kā galvenais. Lai atlase būtu rezultatīvāka, izvēlētajam kritērijam jābūt ar iespējami augstu iedzimstamības koeficientu – ģenētiskās dispersijas daļu kopējā pazīmes fenotipiskajā dispersijā –, kas liecinātu, ka konkrētajā eksperimentā konstatētās atšķirības starp kloniem pārsvarā noteikuši ģenētiskie faktori.

Klonu iedzimstamības koeficientu vērtības produktivitāti un kvalitāti raksturojošiem kritērijiem dažādos izmēģinājuma stādījumos apkopotas 1. tabulā. Ņemot vērā, ka izmēģinājuma stādījumos klonu sastāvs nav vienāds un daži kloni pārstāvēti tikai vienā no stādījumiem, korekta visu klonu salīdzināšana starp stādījumiem nav iespējama.

1. tabula, Table 1

Hibridapšu klonu izmēģinājuma stādījumu iedzimstamības koeficientu vērtības
Heritability in hybrid aspen trials

Vērtētā pazīme Selection criteria	Iedzimstamības koeficienta H^2 vērtības eksperimentos <i>Heritability in hybrid aspen trials</i>			
	Nr. 63a*	Nr. 63b**	Nr. 65	Nr. 62
Augstums <i>Height</i>	0,29	0,20	0,36	0,47
Caurmērs <i>Diameter of breast height</i>	0,27	0,33	0,25	0,27
Stumbra tilpums <i>Sterm volume</i>	0,20	0,33	0,26	0,32
Stumbra taisnums <i>Sterm quality</i>	0,38	0,21	0,42*	0,73
Padēls <i>Spike knot</i>			0,18	0,21
Zaru resnums <i>Branch thickness</i>	0,11	0,16		
Zaru lenķis <i>Branch angle</i>	0,10	0,02		0,6

* Valmieras stādījuma bloku parces / *Block parcel*.

** Valmieras stādījuma vienkoka parces / *Single plot parcel*.

2. tabula, Table 2

Eksperimenta Nr. 62 hibrīdāpšu klonu selekcijas starpības 12 gadu vecumā

Experiment No. 62 hybrid aspen selection index in 12 old trees

Klona Nr. <i>Clone no.</i>	% virs vidējā koku augstuma % over average tree height	Selekcijas vērtības <i>Selection index</i>						Padēla varbūtība* <i>Spike knot possibility*</i>
		koku augstumam, height, m	koku caurmēram, diameter at breast height, cm	stumbra tilpumam, stem volume, m ³	stumbra taisnumam, stem quality, balles	zaru leņķim, branch angle, balles	zaru resnumam, branch thickness, balles	
9	13,8	2,1	0,8	0,02	0,8	-0,1	0,2	0,52
4	12,9	1,9	2,0	0,05	-0,4	-0,1	-0,2	0,34
19	10,8	1,6	0,9	0,02	0,5	0,0	0,4	0,42
16	8,4	1,3	1,5	0,03	-0,4	0,1	0,0	0,56
B	7,6	1,2	1,9	0,04	0,2	-0,5	-0,3	0,54
6	5,8	0,9	-0,7	-0,01	0,2	0,3	-0,2	0,62
22	5,5	0,8	0,5	0,01	-0,1	0,7	0,3	0,68
10	5,3	0,8	1,0	0,02	0,2	-0,6	0,2	0,53
3	5,2	0,8	-0,1	0,00	0,2	-0,3	0,5	0,24
30	3,8	0,6	1,6	0,02	0,5	-0,2	0,4	0,37
C	3,6	0,5	-0,7	-0,01	0,1	-0,5	-0,1	0,55
23	2,6	0,4	0,1	0,00	-0,3	0,1	-0,3	0,68
20	2,4	0,4	0,7	0,01	-0,5	-0,2	-0,4	0,40
34	1,3	0,2	-0,1	0,01	-0,1	0,3	-0,3	0,33
36	1,2	0,2	-1,6	-0,02	0,2	0,1	0,3	0,45
15	0,4	0,1	-0,6	0,00	-0,2	-0,4	-0,4	0,44
D	-0,9	-0,1	2,0	0,02	0,5	-0,1	0,3	0,62
2	-1,7	-0,3	1,2	0,01	-0,1	-0,2	-0,1	0,59
25	-3,3	-0,5	-0,1	-0,01	0,5	-0,3	-0,5	0,52
24	-4,8	-0,7	-1,1	-0,02	-0,6	-0,4	-0,4	0,39
G	-5,4	-0,8	-0,7	-0,02	0,6	-0,4	0,1	0,55
18	-5,7	-0,9	-0,6	-0,02	0,7	0,9	0,8	0,64
12	-7,0	-1,1	0,5	0,00	-0,6	0,9	0,0	0,62
26	-8,5	-1,3	-0,1	-0,01	0,2	0,1	0,3	0,46
21	-13,0	-2,0	-2,8	-0,05	-0,7	0,3	-0,1	0,52
28	-18,0	-2,7	-2,4	-0,05	-0,3	-0,4	0,0	0,41
A	-22,0	-3,3	-3,2	-0,05	0,0	0,1	-0,1	0,65
Vidējais		15,1	12,6	0,10	2,1	1,7	1,5	

* Isik et al. 2008.

Hibridapšu stādījumos, kas ierīkoti bloku parcelēs, lielākās iedzimstamības koeficienta vērtības no produktivitāti raksturojošām pazīmēm ir koku augstumam, kas svārstās no 0,29 līdz 0,47. Salīdzinot vērtēto kvalitātes pazīmju iedzimstamības koeficientus, lielākais ir stumbra taisnumam 0,73 – par 35 % lielāks nekā iedzimstamības koeficients koku augstumam. Tas liecina, ka, atlasot augstvērtīgākos klonus gan pēc koku augstuma, gan stumbra taisnuma, var iegūt klonus ar visaugstāko produktivitāti un stumbra kvalitāti. Eksperimentos, kas ierīkoti vienkoka parcelēs (Nr. 63b), lielākā iedzimstamības koeficienta vērtības sakrīt stumbra tilpumam un stumbra caurmēram. Tā kā stumbra tilpuma aprēķinos iekļauts koka augstums un caurmērs, kloni ranžēti pēc stumbra tilpuma, bet eksperimentos Nr. 62, 63a un 65, ar bloku parcelēm, klonu rangu iedalījums noteikts pēc koku augstuma.

Eksperimentam Nr. 62 hibridapšu klonu rangu sadalījums pēc koku augstuma un dažādu pazīmju selekcijas starpībām parādīts 2. tabulā.

Hibridapšu klonu augstuma selekcijas starpības atsevišķiem kloniem par 10% pārsniedz eksperimenta vidējo rādītāju. Vislielākā augstuma selekcijas starpība ir 9. klonam, kas par 2,1 m pārsniedz vidējo eksperimenta rādītāju (15,1 m). Salīdzinot selekcijas starpību stumbra caurmēram krūšaugstumā un stumbra tilpumam, 9. klons nav pats vērtīgākais, tomēr pieskaitāms 5 labākajiem eksperimenta kloniem.

Lai ģenētiskais ieguvums būtu lielāks, kloni ranžēti pēc koku augstuma, kura iedzimstamības koeficienta vērtības ir lielākas. Vērtējot klonus pēc tādām produktivitātes

un kvalitātes pazīmēm kā stumbra taisnums un zaru resnums, par labāko uzskatāms 4. klons, kurš ir gan produktīvs, gan arī ar taisnu stumbru un labu zarojumu, kas pārsniedz audzes vidējo rādītāju.

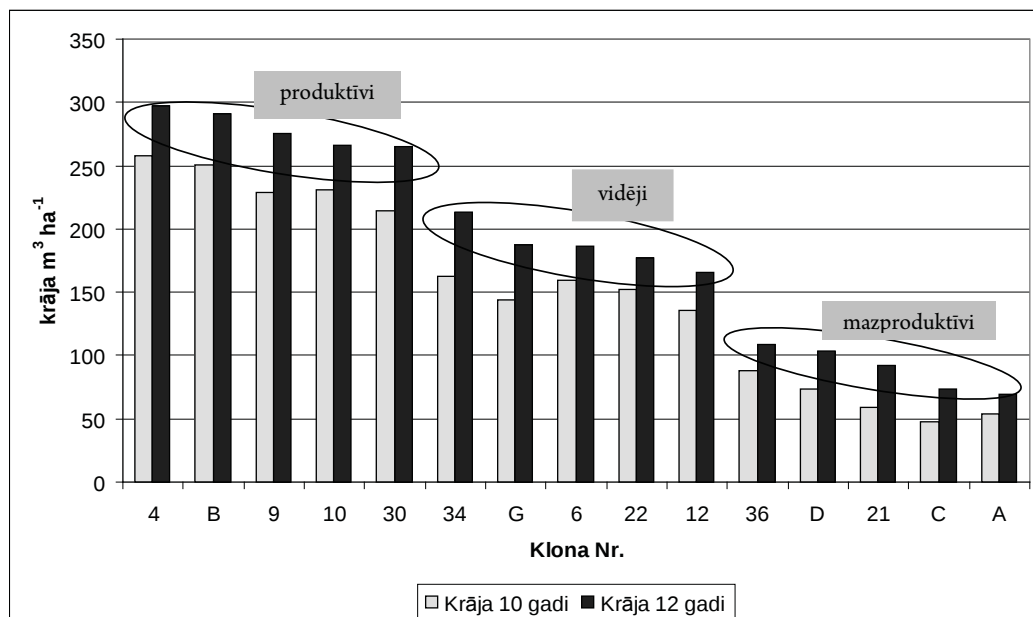
Šajā eksperimentā kā paši labākie izdalāmi kloni 9, 4, 19, 16, B, kuriem nepieciešams veikt turpmākās pārbaudes. Tajās būtu iekļaujami arī kloni 6, 22, 10, 3, 30, 6, 23, 2, kas nav paši produktīvākie, tomēr pārsniedz eksperimenta vidējo rādītāju.

Hibridapšu klonu produktivitātes un kvalitātes rādītāji, tāpat kā vienas hibridapšu ģimenes ietvaros, ir stipri atšķirīgi. Neskatoties uz to, ka sākotnēji eksperimentos iekļauti tikai produktīvākie un kvalitatīvākie pēcnācēji, tomēr vairāki no tiem plantāciju ierīkošanai nav piemēroti. Tas uzskatāms redzams 1. attēlā, kur parādītas 5 produktīvāko, vidējo un mazproduktīvo hibridapšu klonu krājas $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ 10 un 12 gadu vecumā (2500 koku uz hektāra). Krāja izskaitļota kā vidējais koka stumbra tilpums, kas reizināts ar saglabājušos koku skaitu; sākotnējais koku skaits – 2500 gab. uz ha.

Turpmākām pārbaudēm izmantoti kloni no pirmajām divām grupām, papildus novērtējot to kvalitātes rādītājus (stumbra taisnums, zarojums, padēls), kā arī rezistenci pret slimībām. Izvērtējot visus stādījumus, atlasīti tikai produktīvākie un kvalitatīvākie: laboratorijā tiem veikta koksnes analīze un noteikts pavairošanas koeficients.

2. etaps. Koksnes īpašību izvērtēšana

Hibridapses koksne ir relatīvi balta, homogēna, ar neliela diametra smalku šķiedru, kas piemērota viegla, blīva, gluda un necaurspīdīga papīra, kā arī celulozes ražošanai, jo ir ar zemu lignīna saturu, kas



1. attēls. Piecu produktīvāko, vidējo un mazproduktīvo hibrīdapšu klonu krājas $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ 10 un 12 gadu vecumā.

Figure 1. Best, average and 5 low productivity hybrid aspen clone by volume $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ at the age of 10 and 12 years.

Volume calculated: average volume of stems multiply of number of survivals trees.

Beginning plant density 2500 trees per ha.

neprasa intensīvu vārīšanu un balināšanu, tādēļ ražošanas process ir videi draudzīgāks. Turklāt iespējams pielietot ķīmiski-mehānisko procesu, ražojot tā saucamo ķīmiski termomehānisko papīrmasu. Izmantojot selekcijas metodes, var atlasīt klonus ar noteiktu koksnes šķiedras garumu, celulozes un lignīna saturu, bet šobrīd Latvijā nav pasūtītāja, kas spētu ilgtermiņā definēt pieprasījumu pēc koksnes ar noteiktām īpašībām, kurām šajā gadījumā ir tikai informatīvs raksturs un tās kā būtisku atlases kritēriju nepielieto. No koksnes īpašībām galvenokārt tiek izvērtēts tās blīvums, kas korelē ar tādām koksnes mehāniskajām īpašībām, kā liece ($r=0,91$) un spiede ($r=0,94$) (Gailis, 2005; Gailis, 2007).

Lignīna saturs sulfātcelulozē visiem kloniem apmēram ir vienāds ~19%, izņemot 6. klonu, kam tas ir 20% un 28. klonam – 17%. Salīdzinot celulozes daudzumu – 18. klonam tas ir viszemākais (49,6%), bet visaugstākais 36. klonam (55,4%); vidējs celulozes saturs ir 4 kloniem: 15., 23., 16., 12.

Īsas koksnes šķiedras – no 0,673 līdz 0,722 mm – ir kloniem Nr. 18, 16, 12, 28, 15, 21 un 22, bet garākas – no 0,726 līdz 0,784 mm – ir kloniem Nr. 6, 2, 36, 25 un 23 (3. tabulas dati). Salīdzinot klonus pēc to produktivitātes un šķiedru raupjuma pakāpes, 2. un 6. klons ir produktīvi un ar mazāku šķiedras raupjumu, bet kloni Nr. 16, 23 un 22 ir produktīvi un ar relatīvi raupjākām šķiedrām.

Hibridapses klonus salīdzinot savā starpā pēc koksnes blīvuma, lielākais tas ir 22., 36., 15., 6., 23., 12. un 21. klonam, kas atbilst iepriekš veikto pētījumu rezultātiem. Vidējais hibridapšu koksnes blīvums ir 384 kg m⁻³. Izteikti zemāks koksnes blīvums ir kloniem Nr. 2, 28, 25 un 18, kas vērtējams negatīvi, jo tie satur mazāk koksnes masas un līdz ar to arī šķiedras (Gailis, 2006).

3. etaps. Piemērotība rūpnieciskai pavairošanai

Hibridapses klonus lielos daudzumos pavairot ar spraužušanas metodēm nav iespējams, pasaulē plaši praktizēta ir mikroklonālās pavairošanas metode (Somija, Zviedrija, Kanāda). Tās pielietojuma

galvenā priekšrocība hibridapšu pavairošanā ir liels proliferācijas jeb pavairošanas koeficients, bet dārdzība ir nosacīta; priekšrocības salīdzinot ar parastajām veģetatīvās pavairošanas metodēm:

a) pielietojot šo tehnoloģiju iegūstami no bakteriālajām un sēņu, kā arī daļēji no vīrusu un viroīdu izraisītajām slimībām brīvi augi,

b) ievērojami paplašinās selekcijā nepieciešamās starptautiskās apmaiņas iespējas, liels pavairošanas koeficients,

c) mikropavairošana nav atkarīga no sezonas klimatiskajiem apstākļiem,

d) pazeminātas temperatūras režīmu pielietojuma iespējas mikrospraužu uzglabāšanā,

3. tabula, Table 3

Hibridās apses koksnes šķiedru un ķīmiskās īpašības
Hybrid aspen wood chemical and fibres properties

Klona Nr. Clone No	Krāja, m ³ ha ⁻¹ 11 gadu vecumā Volume m ³ ha ⁻¹ at 11 years	Koksnes blīvums, g/cm ³ Wood density, g/cm ³	Lignīna saturs, % Lignin content, %	Celulozes saturs, % Cellulose content, %	Šķiedru vidējais svērtais garums, mm Fibre length - weighted average, mm	Šķiedru platums, μm Fibre width, μm	Šķiedru forma (apaļums), % Form, %	Šķiedru smalkā frakcijas saturs, % Fines, %	Šķiedru raupjums, mg/m Coarseness, mg/m
16	254	0,38	18,9	52,1	0,68	21,5	95,1	5,5	0,06
2	247	0,35	19,1	51,7	0,75	21,7	94,8	4,8	0,06
23	235	0,41	19,5	52,4	0,78	21,0	95,4	4,7	0,06
6	186	0,40	19,9	50,7	0,73	21,1	95,0	6,2	0,06
22	177	0,42	19,3	50,0	0,72	22,3	95,1	4,7	0,07
12	166	0,41	18,6	52,0	0,68	20,3	95,3	5,6	0,06
15	163	0,39	19,4	53,0	0,71	21,0	94,7	6,3	0,07
36	159	0,43	18,5	55,4	0,76	21,2	95,5	4,6	0,06
18	131	0,37	19,4	49,6	0,67	21,5	95,2	6,8	0,06
25	122	0,37	19,0	50,8	0,78	20,8	95,0	4,8	0,06
28	108	0,36	17,1	51,3	0,69	22,0	95,5	6,0	0,06
21	92	0,39	19,7	51,7	0,71	21,2	95,3	5,7	0,06

e) mātesaugu kolekcija *in vitro*: nav nepieciešami hektāriem lieli stādījumi un siltumnīcu platības.

No eksplanta ievadišanas brīža līdz stabilas proliferējošas kultūras iegūšanai paiet aptuveni 6–8 mēneši, ja tas ņemts no jauna (līdz 10 g.) koka. Eksplanti, kas iegūti no veciem kokiem attīstās ievērojami lēnāk vai vispār neattīstās. Tā kā MPS Kalsnavas klonu arhīva koki ir aptuveni 40 gadus veci, tad viena no problēmām ar ko jāsaskaras, veidojot Latvijas hibrīdapšu *in vitro* kolekciju, ir eksplantu inertums, lēna un kavēta to attīstība. Savukārt, 2–3 gadus vecu koku eksplanti (atkarībā no genotipa) attīstīties uzsāk jau 4–6 nedēļu laikā, un sekmīgu sakritību gadījumā pirmie pavairotie augi kūdras substrātā apsākjami jau pēc 12 nedēļām (klons SE 12).

Kaut arī 45–50% no kultūrā esošajiem kloniem samērā viegli pakļaujas *in vitro* manipulācijām, tikai daži ir piemēroti masveida pavairošanai. Rūpnieciskajā pavairošanā, lai neciestu izaudzēto stādu kvalitāte, nedrīkst pielietot augstas hormonu koncentrācijas. Pie lielas fizioloģiski aktīvo vielu koncentrācijas – 0,5 mg/l – dažiem kloniem (23, 24) pavairošanas koeficients ir 7–9, pat 11, bet tik spēcīgā hormonālā vidē augi eksperimentāliem nolūkiem audzējami atsevišķās pasāžās. Minētie skaitļi nav izmantojami plānojot saimnieciskas nozīmes pavairošanu, kur jāstrādā bez riska iegūt hormonāli izkropļotus, nevienādus, vitrificētus un kallusu veidojošus dzinumus. Rūpnieciskai pavairošanai vispiemērotākā ir citokinīna BAP koncentrācija 0,1–0,2 mg/l, pie kuras pavairošanas koeficients 23. klonam sasniedz 5. Ražošanas apstākļos,

kad nav iespējama detalizēta izsekošana visam audzēšanas protokolam, tas svārstās no 3,5–5,0.

Ja pavairošanas jeb proliferācijas koeficients ir relatīvi vienāds ar 5 vai lielāks, tad pieļaujama konkrētā klona rūpnieciska pavairošana. Turpmāk novērtējams augu vizuālais izskats: tiem jābūt labi attīstītiem, veselīgiem, apmēram vienāda garuma. Tā kā vidējais vienas pavairošanas pasāžas ilgums kultūrā nostabilizētam hibrīdapses klonam ir 1,5 mēneši, lēnaudzīgu klonu, kuru attīstība pārsniedz šo laika posmu, rūpnieciskā *in vitro* pavairošana nav lietderīga.

Īpaši jāatzīmē, ka hibrīdapšu pavairošanā jāievēro precīza darba protokola izpilde, lai nodrošinātu augstu pavairošanas koeficientu. Pareizas augšanas un attīstības nodrošināšanai uzturami optimāli gaismas un temperatūras apstākļi, kā arī noteikts gaisa relatīvais mitrums.

Rūpnieciskai pavairošanai izvēlētajiem kloniem ir jāatbilst gan saimnieciskām, gan mikroklonālās pavairošanas prasībām, taču šobrīd no 300 hibrīdapšu klonu *in vitro* kolekcijas izdalītajiem 18 kloniem tikai divi atbilst iepriekš minētajiem nosacījumiem. Tiek veiktas vairāku klonu pārbaudes.

Diskusija

No Latvijas hibrīdapsēm, pielietojot selekcijas metodes, ir atlasīti 18 produktīvi un kvalitatīvi kloni, kas ietverti Meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu reģistrā. Klonu atlasī apgrūtināja tas, ka sākotnēji ierīkotajos hibrīdapšu klonu izmēģinājuma stādījumos dažāds ir gan klonu sastāvs, gan koku un atkārtojumu skaits. Papildus

informācijai tika izmantoti jaunākajos izmēģinājumu stādījumos Rembatē un Ogrē iegūtie rezultāti. Tā kā daži kloni iekļauti tikai vienā eksperimentā, nav iespējams novērtēt šo klonu produktivitāti un kvalitāti citos augšanas apstākļos, tādēļ notiek jaunu klonu izmēģinājuma stādījumu ierīkošana.

Hibridapšu klonu atlase ir ierobežota, jo no esošajiem eksperimentiem labākie kloni jau ir atlasīti, bet jaunie vēl nav sasnieguši izvērtēšanai atbilstošu vecumu. Izņēmums ir kloni, kas auguši vienā no iepriekš ierīkotajiem eksperimentiem, bet pēc tam iekļauti jaunajos izmēģinājumos, un jau pēc pirmās izvērtēšanas varētu tikt atzīti par perspektīviem.

Hibridapšu klonu rangu iedalījumam, līdzīgi kā Somijā (Yu c), 2001), izmēģinājuma robežās tiek izmantota eksperimenta vidējā vērtība, kas no vienas puses ļauj sekmīgi sarindot klonus, bet apgrūtina eksperimentu savstarpēju salīdzināšanu. Eksperimentu vidējo vērtību nosaka klonu sastāvs un skaits, piemēram, ja eksperiments ir mazs, bet ar produktīviem kloniem, tad vidējā vērtība ir augsta un daļa klonu pieskaitāma mazproduktīviem, taču eksperimentos ar lielu klonu skaitu – tie varētu pārsniegt vidējo rādītāju.

Eksperimentos, kur stādīts bloku parcelēs, klonu rangus nosaka pēc to vidējā augstuma, kam ir vislielākā iedzimstamības koeficienta vērtība, līdz ar to arī ieguvums no šādas atlases būs visaugstākais. Vienkoku parcelēs galvenais atlases kritērijs ir stumbrā tilpums (komplekss rādītājs). Somu pētījumos konstatēts, ka klonu produktivitāte nav noturīga, jo tā mainās pa gadiem. Tas skaidrojams ar klonu dažādu reakciju uz

klimata un augšanas apstākļiem. Tādēļ zinātnieki iesaka produktivitāti klonu selekcijas eksperimentos novērtēt ilgākā laika periodā, piemēram, pēc 10 gadiem vai vēl vēlāk (Yu c), 2001). Līdzīgas atziņas iegūtas salīdzinot I. Dubovas pētījumu datus Iecavas hibridapšu stādījumā 3 gadu vecumā (Dubova, 1999) ar datiem 12 gadu vecumā (Gailis, 2007). Rezultāti rāda, ka klonu iedalījums pēc augstuma ir mainījies un daļa no tiem, kas 3 gadu vecumā raksturoti kā vidēji, 12 gadu vecumā pieskaitāmi eksperimenta garākajiem un produktīvākajiem kloniem. Dažādos stādījumos klonu produktivitāte ir mainīga, piemēram, 22. klonam eksperimentā Nr. 62 produktivitāte +22% ir virs eksperimenta vidējās vērtības, bet mazākā – eksperimentā Nr. 63 -16% –, kas ir zem eksperimenta vidējās vērtības. Tas skaidrojams ar to, ka eksperimenta Nr. 62 augšanas apstākļi un klimats konkrētajam klonam ir vairāk piemēroti un norāda uz klonu adaptācijas spēju dažādiem augšanas apstākļiem, tādēļ, atlasot hibridapšu klonus, jāņem vērā to uzrādītā noturība dažādos izmēģinājuma stādījumos un jāizvēlas tādus, kas aug vienlīdz labi arī atšķirīgos apstākļos.

Šobrīd, atlasot klonus, hibridapses koksnes īpašībām ir tikai rekomendējoša nozīme, jo nav pieprasījuma pēc koksnes ar noteiktām īpašībām. Koksnes mehānisko īpašību noteikšana (spiede un liece) ir dārga un laikietilpīga, savukārt eksperimenti liecina, ka starp koksnes mehāniskajām īpašībām un koksnes blīvumu pastāv cieša korelācija, tādēļ veikta tikai koksnes blīvuma noteikšana.

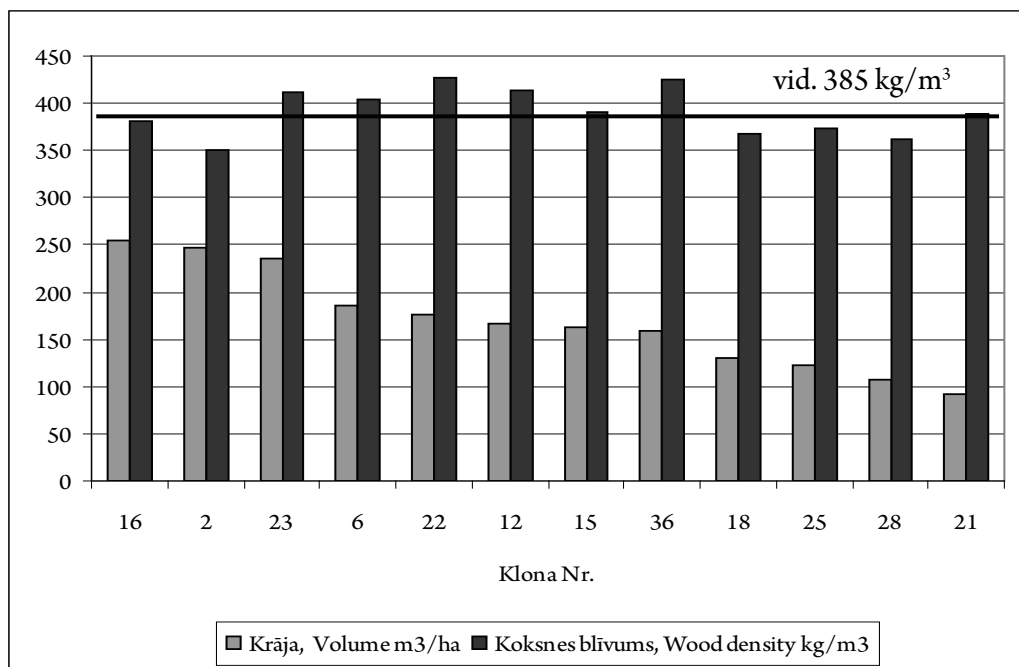
Analizējot klonu produktivitāti

saistībā ar koksnes blīvumu, konstatēts, ka nepastāv sakarība, kas liecinātu, ka produktīvo klonu koksnes blīvums ir mazāks. 2. attēla diagrammā hibrīdapses kloni sarindoti produktivitātes secībā un parādīti arī to koksnes blīvumi. Vidējais koksnes blīvums Latvijā selekcionētajiem hibrīdapšu kloniem ir 385 kgm^{-3} . Līdzīgi rezultāti iegūti Somijā, izvērtējot 26 gadus vecu hibrīdapšu stādījumus, kur vidējais koksnes blīvums – 380 kgm^{-3} (Ilstedt, 1993).

Daļai hibrīdapšu klonu uzsākta koksnes īpašību izvērtēšana, kā arī iegūti pirmie rezultāti, pēc kuru analīzes būs iespējams atlasīt produktīvākos klonus ar augstvērtīga papīra ražošanai piemērotu koksni. Somijā veiktajos pētījumos konstatēts, ka koksnes šķiedras garums ir ģenētiski

nosacīta īpašība, kas variē atkarībā no koka vecuma, augstuma un augšanas apstākļiem. Negatīvā atziņa: pieaugot klonu produktivitātei, palielinās šķiedras garums (Yu, 2001), tomēr dabā vienmēr eksistējuši arī izņēmumi.

Pētnieciskajā literatūrā atzīts, ka papīra kvalitāti garantējošās šķiedras īpašības starp 800 hibrīdapšu un parasto apšu kloniem ir ļoti atšķirīgas. Hibrīdapšu kloniem šķiedras garums variē no 0,62–1,12 mm, vidēji – 0,86 mm; parastai apses šķiedras garums ir 0,99 mm (Yu, a) 2001). No tā izriet secinājums, ka kvalitatīva papīra ražošanai piemērota ir hibrīdapšu koksne (Hynynen. Karlsson, 2002). Celulozes un papīrrūpniecībā relatīvi isākās koksnes šķiedras nodrošina papīra gludumu,



2. attēls. Klonu krāja 10 gadu vecumā (m^3ha^{-1}) salīdzinājumā ar koksnes blīvumu (kgm^{-3}).

Figure 2. Aspen clones volume 10 years (m^3ha^{-1}) compare this wood density (kgm^{-3}).

bet relatīvi garākās – papīra stiprību. Koksnes šķiedru īpašības ir svarīgs rādītājs gan celulozes kvalitātei, gan augstvērtīga papīra ražošanai. Vidējais svērtais šķiedras garums (no 0,67 līdz 0,78 mm) (Gailis, 2007) pārbaudītajiem kloniem ir līdzīgs Somijā veiktā pētījuma datiem – no 0,64 līdz 0,91 mm (Yu, Pulkkinen et. Al., 2001, Yu, 2001). Koksnes paraugi abos gadījumos ņemti izmēģinājuma stādījumos ar vienādiem stādīšanas attālumiem 2×2 m, bet atšķirīgs ir paraugu ievākšanas vecums (Latvijā 10, Somijā 13 gadi).

Somijā no 800 hibrīdapšu kloniem pēc produktivitātes rādītājiem par perspektīviem atzīti 300 kloni, pēc koksnes īpašībām – 28, pēc iespējas pavairot

rūpnieciski – 8, bet praktiski izmantoti 3 kloni (Beuker, 2000). Latvijā sākotnēji no 300 hibrīdapsēm tika atlasīti 55 kloni izmēģinājumu stādījumu ierīkošanai, no kuriem kā perspektīvi un produktīvi izvēlēti un Meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu reģistrā ietverti 18 kloni, kas rekomendējami plantāciju ierīkošanai. Tomēr audu kultūru laboratorijā ne visi no tiem sekmīgi vairojas rūpnieciskai ražošanai nepieciešamos apjomos, taču ir vēl arī citas veģetatīvās pavairošanas metodes, kā, piemēram, ar sakņu spraudņiem, kuru pavairošanas iespējas ar Latvijā selekcionētiem hibrīdapšu kloniem tiek pārbaudītas.

Secinājumi

1. Hibrīdapšu klonu savstarpējai izvērtēšanai nav ierīkoti metodiski vienveidīgi salīdzināmi stādījumi, kas apgrūtina precīzas informācijas iegūšanu par atsevišķu klonu (pazīmēm) īpašībām.
2. Koksnes mehāniskās īpašības – liece ($r=0,91$) un spiede ($r=0,94$) – korelē ar koksnes blīvumu, kas izmantojams koksnes mehānisko īpašību noteikšanai.
3. Celulozes un lignīna saturs analizētajos paraugos atšķiras par 10-15%, kas ir nozīmīgi koksnes ķīmiskai pārstrādei.
4. Hibrīdapšu klonu ātraudzība (produktivitāte) koksnes kvalitāti būtiski neietekmē.
5. Mikroklonālajai pavairošanai izmantojami hibrīdapšu kloni, kam proliferācijas jeb pavairošanas koeficients ir lielāks par 5.
6. Meža reproduktīvā materiāla ieguves avotu reģistrā ietverti 18 hibrīdapšu kloni, kas atbilst visiem trim izvirzītajiem atlases kritērijiem – produktivitāte, stumbra un zaru kvalitāte, koksnes īpašības un pavairošanas koeficients – un ieteikti kā piemēroti plantāciju ierīkošanai.

Literatūra

- Beuker, E.** (2000) Aspen breeding in Finland, new challenges. *Baltic Forestry*. 6(2):81-84.
- Belayachi L., Delmas M.** (1995) Aquality raw material for the manufacturing of chemical paper pulp. *Biomass and Bioenergy*. Volume 8, issue 6.
- Dubova I.** (1999) Ātraudzīgu hibrīdapses klonu augšanas gaita juvenilā vecumā. *Mežzinātne* 9 (42), 42-53 lpp.

- Falconer D. S., Mackay T.F.C.** (1996) Introduction to Quantitative Genetics: 4th ed. Longman Group, London and New York, 464 p.
- Gailis A.** (2005) Apses selekcijas pētījumi kvalitatīvas koksnes izaudzēšanai. LVM „Sēklas un stādi” darbības stratēģiju: līgumdarba atskaite. LVMI „Silava”, Salaspils, 27 lpp.
- Gailis A.** (2006) Saimnieciski nozīmīgo meža koku sugu selekcijas pētījumi kvalitatīvu, produktīvu un ģenētiski daudzveidīgu mežaudžu atjaunošanai. LVM „Sēklas un stādi” darbības stratēģiju: līgumdarba atskaite. LVMI „Silava”, Salaspils, 73 lpp.
- Gailis A.** (2007) Saimnieciski nozīmīgo meža koku sugu selekcijas pētījumi kvalitatīvu, produktīvu un ģenētiski daudzveidīgu mežaudžu atjaunošanai. LVM „Sēklas un stādi” darbības stratēģiju: līgumdarba atskaite. LVMI „Silava”, Salaspils, 97 lpp.
- Hynynen J., Karlsson K.** (2002) Intensive management of hybrid aspen in Finland. In: Management and utilization of broadleaved tree species in Nordic and Baltic countries- birch, aspen and alder. Proceedings of the workshop held in Vantaa, Finland, May 16 to 18, 2001:99-100.
- Iltstedt B., Gullberg U.** (1993) Genetic variation in a 26-year old hybrid aspen trial in Southern Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research. 8. 185-192.
- Isik F., H.V. Amerson, R.W. Whetten, S.A. Garcia, B.Li and S.E. McKeand** (2008) Resistance Assessments of Elite Loblolly Pine Families to Fusiform Rust Inocula in Greenhouse Testing. Canadian J.Forest Research 38: 2687-2696.
- Murashige T., Skoog F.** (1962) A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum. 15 473-497.
- Pulkkinen, P.** (2002) Possibilities of controlling the wood properties of hybrid aspen. In: Management and utilization of broadleaved tree species in Nordic and Baltic countries birch, aspen, and alder. Proceedings of the workshop held in Vantaa, Finland, May 16 to 18, 2001:48-51.
- Stener L.G** (2000) Broad-leaved breeding in Sweden In: Management and utilization of broadleaved tree species in Nordic and Baltic countries birch, aspen, and alder. Proceedings of the workshop held in Vantaa, Finland, May 16 to 18, 2001:45-47
- Yu Q., Pulkkinen P., Rautio M., Haapanen M., Alén R., Stener L.G., Beuker E., Tigerstedt P.M.A.** (2001) Genetic control of wood physicochemical properties, growth, and phenology in hybrid aspen clones. Canadian Journal of Forest Research. 31: 1348-1356. 2001
- a) **Yu Q.** (2001) Selection and propagation of hybrid aspen clones for growth and fiber quality. Acad. Diss. For. Tree Breed. Helsinki: 41.
- b) **Yu Q.** (2001) Can physiological and anatomical characters be used for selecting high yielding hybrid aspen clones? Silva Fennica, 35 (2): 137-146.
- c) **Yu Q., Tigerstedt P.M.A., Haapanen M.** (2001) Growth and phenology of hybrid aspen clones (Populus tremula L. x Populus tremuloides Michx.) Silva Fennica 35(1):15-25.
- Смилга Я.Я.** (1986) Осина. Рига. Зинатне, с.238.