
**Apšu hibrīdu (*Populus tremuloides* Michx. × *Populus tremula* L.)
un parastās apses (*Populus tremula* L.) koksnes un sulfātcelulozes
šķiedru īpašības 20 gadu vecumā**

*Mārtiņš Zeps*¹, *Inese Šāble*², *Uldis Grīnfelds*², *Āris Jansons*^{1*},
*Ilze Irbe*², *Arnīs Treimanis*²

Zeps, M., Šāble, I., Grīnfelds, U., Jansons, Ā., Irbe, I., Treimanis, A. (2012). Variation of hybrid aspen (*Populus tremuloides* Michx. × *Populus tremula* L.) and common aspen (*Populus tremula* L.) wood and Kraft pulp fibres properties at age 20 years. *Mežzinātne* 26(59): 145-154.

Kopsavilkums. Apšu hibrīdu plantācijas var būt papildus atjaunojamo resursu avots ne tikai enerģētikai, bet arī produktu ar augstāku pievienoto vērtību ieguvei. Pētījuma mērķis ir novērtēt apšu hibrīdu koksnes piemērotību celulozes un papīrmasas ražošanai plānotajā ciršanas vecumā, kā arī salīdzināt to un parastās apses koksnes un šķiedru fizikālo un ķīmisko īpašību atšķirības.

Pētījuma materiāls iegūts no apšu hibrīdu produktīvākajiem kloniem bijušajā lauksaimniecības zemē ierīkotajā stādījumā un parastās apses paraugkokiem dabiski aizaugušās lauksaimniecības zemēs un mežaudzēs sausieņu un āreņa meža tipos. Koksnes blīvums noteikts saskaņā ar DIN 52 182 (DIN, 1976) un TAPPI 258 om-94 standartiem. Celulozes saturs koksnē izzināts ar Kiršnera metodi (TAPPI 203cm-99). Lignīna saturs koksnē un papīrmasā noteikts ar Klāsona metodi (TAPPI 222om-98), bet ekstraktvielu saturs – ekstrahējot koksni Soksleta iekārtā ar acetonu 8 h; ekstraktvielu iznākums aprēķināts pēc koksnes sausās masas atlikuma.

Iegūtie rezultāti liecina, ka apšu hibrīdu vidējais koksnes blīvums ir $451 \pm 12,2 \text{ kg m}^{-3}$, kas statistiski būtiski nav atšķirīgs no parastās apses rādītājiem līdzīgos apstākļos, bet ir būtiski (par 11 %, $\alpha = 0,05$) mazāks nekā parastajai apsei meža zemēs.

Apšu hibrīdu koksnes sulfātcelulozes iznākums ($50,6 \pm 1,4$ %) ir mazāks nekā parastajai apsei meža ($52,2 \pm 1,2$ %) un bijušajās lauksaimniecības zemēs ($52,5 \pm 0,1$ %).

Apšu hibrīdu koksnes šķiedras ($0,99 \pm 0,05$ mm) ir būtiski garākas par šķiedrām identiska vecuma parastajām apsēm, kas augušās meža un bijušajās lauksaimniecības zemēs (attiecīgi $0,82 \pm 0,02$ mm un $0,77 \pm 0,00$ mm). Apšu hibrīdu garās un šaurās šķiedras veido mehāniski izturīgu papīru, un līdz ar to iegūtā papīra atlējuma caurspiešanas indekss un trūkšanas garums apšu hibrīdiem ir lielāks nekā parastajai apsei (meža zemēs un bijušajās lauksaimniecības zemēs). Tas liecina par apšu hibrīdu koksnes piemērotību izmantošanai

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

² Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes iela 27, Rīga, LV-1006, Latvija

papīrrūpniecībā produkta ar augstu pievienoto vērtību ražošanai.

Nozīmīgākie vārdi: koksnes blīvums, papīrmasa, caurspiešanas indekss, trūkšanas garums, lignīna saturs.

•••

Zeps, M.³, Šāble, I.⁴, Grīnfelds, U.⁴, Jansons, Ā.^{3*}, Irbe, I.⁴, Treimanis, A.⁴ **Variation of hybrid aspen (*Populus tremuloides* Michx. × *Populus tremula* L.) and common aspen (*Populus tremula* L.) wood and Kraft pulp fibres properties at age 20 years.**

Abstract. Hybrid aspen plantations can be an extra source of renewable resources not only for energy, but also for products with higher added value. The aim of the study was to determine the differences in physical and chemical properties of wood and fibres between clones of hybrid aspen and common aspen, at the age of hybrid aspen, as well as to assess the suitability of the wood for the production of pulp and paper mass.

Sample trees from the most productive clones of hybrid aspen were selected in an experimental trial on former agricultural land, and common aspen in naturally regenerated former agriculture land and forest stands on dry sites and on drained mineral soil forest types. The part of the stem between 0.5 and 1.3 m was used for the analysis of wood. Density of the wood was determined according to the standards DIN 52 182 (DIN, 1976) and TAPPI 258 om-94. Pulp content in wood was determined using the Kurschner's method (TAPPI 203cm-99). Lignin content in wood and paper mass was determined by the method of Klason (TAPPI 222om-98). Content of extractives was determined by extraction of wood in a Soxhlet extractor with acetone for 8 h, calculating the output of extractives using the residue of dry wood mass.

Average wood density of hybrid aspen was $451 \pm 12.2 \text{ kg m}^{-3}$. Comparing hybrid aspen and common aspen at the same age, no significant differences ($p > 0.05$) were detected in wood density for common aspen grown on the former agricultural land. However, wood density for common aspen grown on forest stands was significantly higher ($p < 0.05$) than that for hybrid aspen, reaching the difference of 11 %.

Lignin content in wood was higher for hybrid aspen, but the outcome of Kraft pulp ($50.6 \pm 1.4 \%$) was lower than that of common aspen both on forest ($52.2 \pm 1.2 \%$) and former agricultural lands ($52.5 \pm 0.1 \%$).

Wood fibres of hybrid aspen were significantly longer ($0.99 \pm 0.05 \text{ mm}$) than those of common aspen at the same age, grown both on forest and former agricultural land ($0.82 \pm 0.02 \text{ mm}$; $0.77 \pm 0.00 \text{ mm}$). The thin and long fibres of hybrid aspen form a mechanically strong paper, so burst index and breaking length for the acquired cast of paper was higher for hybrid aspen than for common aspen (both from forest and former agricultural land).

Key words: wood density, burst index, breaking length, lignin content in wood.

³ Latvian State Forest Research Institute "Silava", 111 Rīga str., Salaspils, LV-2169, Latvia,

*e-mail: aris.jansons@silava.lv

⁴ Latvian State Institute of Wood Chemistry, 27 Dzerbene str., Rīga, LV-1006, Latvia

•••

Зепс, М.⁵, Шабле, И.⁶, Гринфелдс, У.⁶, Янсонс, А.^{5*}, Ирбе, И.⁶, Трейманис, А.⁶
Свойства древесины и волокон сульфатной целлюлозы осинового гибрида (*Populus tremuloides* Michx. × *Populus tremula* L.) и осины обыкновенной (*Populus tremula* L.) в 20-летнем возрасте.

Резюме. Плантации осинового гибрида могут служить дополнительным источником возобновляемых ресурсов не только для энергетики, но и для получения продукта с добавленной стоимостью. Цель исследования – оценить пригодность древесины осинового гибрида в плановом возрасте рубки для производства целлюлозы и бумажной массы, а также сравнивать имеющиеся различия физических и химических свойств древесины и волокон осинового гибрида и осины обыкновенной.

Исследовательский материал получен, используя самые продуктивные клоны осинового гибрида из посадки на бывших сельскохозяйственных землях и пробные деревья осины обыкновенной на естественно заросших сельскохозяйственных землях и в древостоях на суходолах и в осушенных на минеральных почвах. Плотность древесины определена согласно стандартам DIN 52 182 (DIN, 1976) и TAPPI 258 om-94. Содержание целлюлозы в древесине выяснено по методу Киршнера (TAPPI 203cm-99). Содержание лигнина в древесине и в бумажной массе определено по методу Класона (TAPPI 222om-98). Содержание экстрактивных веществ установлено путем 8-часового экстрагирования древесины в устройстве Соклета с ацетоном и вычислением исхода экстрактивных веществ по остатку сухой древесной массы.

По полученным данным средняя плотность древесины осинового гибрида составляет $451 \pm 12,2 \text{ kg m}^{-3}$, которая статистически не имеет существенных различий с показателями осины обыкновенной в похожих условиях, но является существенно ниже (на 11 % $p < 0,05$) чем у осины обыкновенной на лесных землях. Исход сульфатной целлюлозы из древесины осинового гибрида ($50,6 \pm 1,4 \%$) ниже по сравнению с осиной обыкновенной на лесных ($52,2 \pm 1,2 \%$) и бывших сельскохозяйственных землях ($52,5 \pm 0,1 \%$).

Волокна древесины осинового гибрида ($0,99 \pm 0,05 \text{ mm}$) существенно длиннее чем волокна осины обыкновенной в идентичном возрасте, произрастающей на лесных и бывших сельскохозяйственных землях (соответственно $0,82 \pm 0,02 \text{ mm}$ и $0,77 \pm 0,00 \text{ mm}$). Длинные и узкие волокна древесины осинового гибрида образуют механически прочную бумагу, и в итоге индекс сопротивления раздавливанию и разрывная длина у полученной отливки бумажной массы из древесины осинового гибрида больше по сравнению с осиной обыкновенной (на лесных и бывших сельскохозяйственных землях). Это свидетельствует о пригодности использования осинового гибрида в бумажной промышленности для выработки продукта с высокой добавленной стоимостью.

⁵ ЛГИЛ «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия; *эл. почта: aris.jansons@silava.lv

⁶ Латвийский Государственный Институт химии древесины, ул. Дзербенес 27, Рига, LV-1006, Латвия

Ключевые слова: плотность древесины, бумажная масса, индекс сопротивления придавливанию, разрывная длина, содержание лигнина.

Ievads

Vērtējot iespējas mazināt paredzamo klimata izmaiņu ietekmi un pieaugot atkarībai no naftas un citiem neatjaunojamās enerģijas avotiem, aktualizējies jautājums par alternatīviem enerģijas ieguves veidiem. Eiropas Savienības līmenī, kā garantija ilgtspējīgai attīstībai enerģijas piegāžu jomā, ir atzīta atjaunojamo energoresursu izmantošana. Līdz ar to palielinās pieprasījums pēc enerģētikai nepieciešamām izejvielām, īpaši – koksnes. Ātraudzīgu papeļu vai to hibrīdu īsircirtmeta plantācijas audzē daudzās valstīs. Latvijas klimatiskajiem apstākļiem piemērotākais ir Amerikas apses (*Populus tremuloides* Michx.) un parastās apses (*Populus tremula* L.) krustojums, kura pēcnācējiem pirmajā paaudzē novērots heterozes efekts – starpsugu krustojuma pēcnācēji augšanā ir pārāki salīdzinājumā ar katru no vecāku sugām (Zeps *et al.*, 2008; Yu, 2001.).

Heterozes efekts saglabājas tikai pirmajā paaudzē, tādēļ apšu hibrīdu pavairošana notiek veģetatīvi, kas nodrošina iegūto stādu augstu atlases intensitāti, kā arī lielāku selekcijas efektu, kas savukārt ļaus plantāciju ierīkošanai izvēlēties tikai labākos klonus. Zinot, ka viena un tā paša klona stādmateriāls ģenētiski ir identisks un arī augšanas gaita ierīkotajā plantācijā līdzīga, iespējams prognozēt ne tikai intensīvu augšanu, bet arī iespēju iegūt koksni ar vienmērīgām īpašībām. Lai sasniegtu izvirzīto mērķi un saražotu konkrēto gala produktu, jāizvēlas šim nolūkam vispiemērotākais

klons, un tādēļ selekcijas darba gaitā izvērtējami nozīmīgākie parametri, kas raksturo tā augšanas ātrumu, zarojuma, stumbra un pašas koksnes kvalitāti (Tullus *et al.*, 2011; Yu *et al.*, 2001). Pētījumos Latvijā (Šāble *et al.*, 2012; Treimanis *et al.*, 2006; Zeps *et al.*, 2008) un citās valstīs (Ai, Tschirner, 2010; Francis *et al.*, 2006) konstatēts, ka apšu hibrīdu klonu koksne ir piemērota sulfātcelulozes un papīrmasas ražošanai un ir līdzvērtīga tai, kādu iegūst no citiem lapu kokiem. Līdz šim Latvijā veiktajos pētījumos salīdzinātas 10- un 12-gadīgu apšu hibrīdu koksnes īpašības (Treimanis *et al.*, 2006; Zeps *et al.*, 2008). Ņemot vērā, ka koksnes īpašības mainās saistībā ar koka vecumu (Tullus *et al.*, 2011), iepriekš veiktās izpētes rezultāti precīzi neatspoguļo starpsugu krustojuma un parastās apses koksnes atšķirības ciršanas vecumā. Plānotais plantāciju audzēšanas ilgums ir 20 gadi, kas varētu būt optimāls risinājums papīrmalkas ieguvei. Līdz ar to mūsu pētījuma mērķis ir noskaidrot apšu hibrīdu klonu un parastās apses koksnes un šķiedru fizikālo un ķīmisko īpašību atšķirības, kā arī izvērtēt konkrētās koksnes piemērotību celulozes un papīrmasas ražošanai.

Materiāli un metodika

Paraugu ieguve

Pētījuma dati ievākti no apšu hibrīdiem eksperimentā Nr. 791, kas ierīkots 1993. gadā Salaspils pagastā, bijušajās lauksaimniecības zemēs. Stādījuma dizains – rindu parcelas, stādīšanas attālums 3 × 5 m. Stādījumā

ietverti deviņi apšu hibrīdu kloni un viens parastās apses klons. Izpētei atlasīti 19 gadus veci 6 produktīvākie kloni; analīžu veikšanai nozāģēti vismaz 2 katra klona paraugkoki, kuru stumbra caurmērs atbilst vidējam klona stumbra caurmēram (kopumā 12 koki).

Parastās apses paraugkoki ņemti audzēs, kur tā ir valdošā suga. Audzes izraudzītas meža tipos, kuros šī suga pārstāvēta visplašāk: gāršā (*Aegopodiosa*) un damaksnī (*Hylocomiosa*), kā arī platlapju ārenī (*Mercuriopllosa* mel.). Kopumā sausienos nozāģēti 12, bet ārenī – 6 paraugkoki, kuru vecums ir no 17 līdz 23 gadiem. Divi paraugkoki ņemti parastās apses audzē bijušā lauksaimniecības zemē, kur augsne ir līdzvērtīga tai, kāda ir apšu hibrīdu stādījumā.

Koksnes īpašību un ķīmiskā sastāva analīžu veikšanai izzāģētas sekcijas no koka stumbra 0,5-1,3 m augstumā virs sakņu kakla.

Koksnes un papīrmasas fizikālo īpašību un ķīmiskā sastāva noteikšana

Koksnes blīvums noteikts atbilstoši DIN 52 182 (DIN, 1976) un TAPPI 258 om-94 (TAPPI, 1994) standartiem, paraugus kondicionējot saskaņā ar DIN 50014-20/65-1 standartu.

Celulozes saturs koksne noteikts ar Kiršnera metodi atbilstoši TAPPI 203cm-99 (TAPPI, 1994), apstrādājot koksni 90°C temperatūrā 95 % etilspirta (C₂O₅OH) un slāpekļskābes (HNO₃) šķīdumā 4 reizes.

Lignīna saturs koksne un papīrmasā noteikts ar Klāsona metodi atbilstoši TAPPI 222om-98 (TAPPI, 1994), apstrādājot koksni H₂SO₄ šķīdumā.

Ekstraktvielu saturs noteikts ekstrahējot koksni Soksleta iekārtā ar acetonu 8 h; ekstraktvielu iznākums aprēķināts pēc koksnes sausās masas atlikuma.

Koksnes delignifikācija (sulfātcelulozes iegūšana) veikta, pielietojot NaOH un Na₂S; procesa parametri: aktīvā sārma koncentrācija vāršķīdumā – 57,4 g/l (Na₂O vienībās), sulfiditāte 29,8 %, hidromodulis 4,5 : 1, maksimālā delignifikācijas temperatūra 165°C, delignifikācijas laiks – 75 min.

Šķiedru dimensijas (garums, platums u.c.) noteiktas ar Lorentzen & Wettre “FiberTester” iekārtu. No iegūtās papīrmasas, atbilstoši standartam ISO 5269/2 ar PTA izmantojot “Rapid-Köthen” darbmašīnu, atlieti papīra paraugi, kuriem, atbilstoši standartam ISO 1924-1 un ISO 2758, noteiktas mehāniskās īpašības – trūkšanas garums un caurspiešanas indekss.

Iegūtie dati apstrādāti ar matemātiskās statistikas programmu SPSS, izmantojot faktoranalīzi (faktori – suga, augšanas apstākļi), dispersijas analīzi ANOVA, kā arī izvērtējot koku sugu un augšanas apstākļu savstarpējo atšķirību būtiskumu ($\alpha = 0,05$).

Rezultāti un diskusija

Apšu hibrīdu vidējais koksnes blīvums (1. tab.) optimālajā ciršanas vecumā ir $451 \pm 12,2 \text{ kg m}^{-3}$ (ar „±” šeit un turpmāk apzīmēts 95 % ticamības intervāls). Iegūtie dati ir nedaudz augstāki nekā Latvijā iepriekš apšu hibrīdu koksnes blīvuma mērījumos konstatētie: $378\text{--}456 \text{ kg m}^{-3}$ (Treimanis *et al.*, 2006), $350\text{--}430 \text{ kg m}^{-3}$ (Zeps *et al.*, 2008), $400\text{--}434 \text{ kg m}^{-3}$ (Šāble *et al.*, 2012). Somijas pētnieki konstatējuši, ka apšu hibrīdu koksnes blīvums 32 gadu vecumā ir no 350 līdz

370 kg m⁻³ (Herajarvi, Junkkonen, 2006), savukārt Zviedrijā apšu hibrīdu vidējais koksnes blīvums 26 gadu vecumā noteikts nedaudz lielāks – 380 kg m⁻³ (Ilsted, Gullberg, 1993). Diemžēl citu valstu pētnieku dati (kā Karki, 2001) nav korekti salīdzināmi ar mūsu eksperimentā iegūtajiem, jo pētījumos izmantotas atšķirīgas koksnes blīvuma noteikšanas metodes.

Salīdzinot vienvecuma apšu hibrīdu un parastās apses koksnes blīvumu, konstatēts, ka parastajai apsei, kas augusi bijušajās lauksaimniecības zemēs, tas ir par 9 % lielāks (starpība pie 95 % ticamības līmeņa statistiski nav būtiska; šeit un turpmāk $p > 0,05$), bet meža zemēs – par 11 % lielāks (starpība statistiski ir būtiska, $p < 0,05$) (1. tab.). Literatūrā atrodamas ziņas, ka koksnes blīvumu nosaka ne tikai vecums, bet arī augsne – augot mazauglīgākā augsnē veidojas blīvāka koksne (Smilga, 1967; Rytter, Stener,

2003; Tullus *et al.*, 2011). Tas varētu būt viens no iemesliem, kādēļ mežā augušas apses koksne ir blīvāka. Pētījumos par apšu hibrīdu klonu produktivitāti un koksnes blīvumu nav konstatēta sakarība, ka produktīvāko klonu koksnes blīvums būtu mazāks (Ilstedt, Gulberg, 1993; Zeps *et al.*, 2008).

Dažādos pētījumos konstatētais vidējais celulozes daudzums apšu hibrīdu koksnē svārstās no 46-56 % un lignīna – no 17-25 % (Francis *et al.*, 2006; Šāble *et al.*, 2012; Tullus *et al.*, 2011; Tullus *et al.*, 2010; Treimanis *et al.*, 2006). Arī mūsu iegūtie dati (1. tab.) iekļaujas šajās robežās (50 ± 0,45 %).

Ekstraktvielu un lignīna saturs apses un bijušajās lauksaimniecības zemēs augušo apšu hibrīdu koksnē ir statistiski būtiski atšķirīgs ($p < 0,05$). Lignīna daudzums apšu hibrīdu koksnē ir lielāks, turpretī celulozes daudzums likumsakarīgi ir būtiski ($p < 0,05$)

1. tabula / Table 1

Parastās apses un apšu hibrīdu koksnes īpašību raksturojums
Wood traits of common aspen and aspen hybrids

Īpašības <i>Properties</i>	Apšu hibrīds <i>Hybrid aspen</i>	Parastā apse L <i>Common aspen L</i>	Parastā apse M <i>Common aspen M</i>
Koksnes blīvums, kg m ⁻³ <i>Wood density, kg m⁻³</i>	450,5 ± 12,2	492,5 ± 31,8	500,5 ± 44,3
Sulfātcelulozes iznākums, % <i>Kraft pulp yield, %</i>	50,6 ± 1,4	52,5 ± 1,3	52,2 ± 1,2
Šķiedras garums, mm <i>Fiber length, mm</i>	0,99 ± 0,05	0,77 ± 0,00	0,82 ± 0,02
Šķiedras platums, μm <i>Fiber width, μm</i>	20,8 ± 0,3	20,9 ± 0,0	21,4 ± 1,3
Caurspiešanas indekss, kPa m ² g ⁻¹ <i>Burst index, kPa m² g⁻¹</i>	0,99 ± 0,13	0,65 ± 0,00	0,83 ± 0,10
Trūkšanas garums, km <i>Breaking length, km</i>	3,27 ± 0,30	2,52 ± 0,38	3,00 ± 0,37

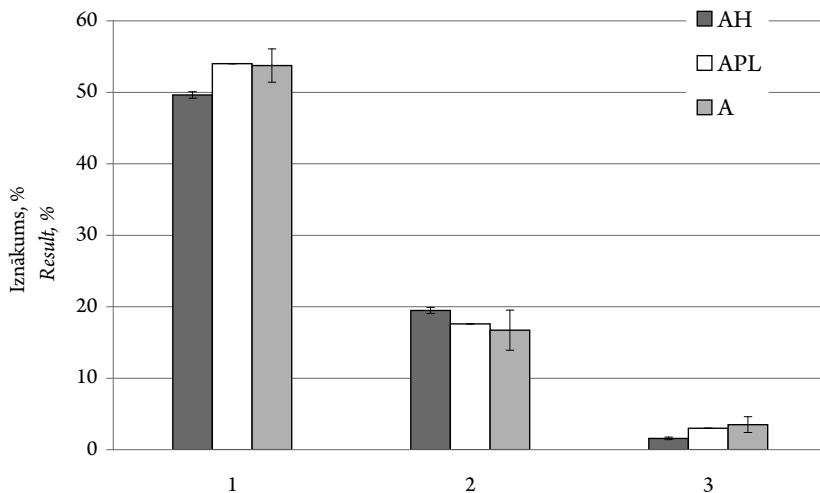
Paskaidrojumi / Legend: L – bijusī lauksaimniecības zeme / former agricultural land; M – meža zeme / forest land.

mazāks nekā parastajai apsei. Celuloze, kā polimērs, veic šķiedras balsta funkciju, tādējādi nodrošinot koksnes mehānisko stiprību (Chaffey, 2002), kas cieši saistīta ar koksnes blīvumu. Iegūtie rezultāti par atšķirībām celulozes un lignīna daudzumā atbilst iepriekš minētajam, ka parastās apses koksnes blīvums ir nedaudz augstāks.

Jau no 20. gadsimta 80. gadiem apšu hibrīdu koksni izmanto papīrrūpniecībā gan Eiropā (Tullus *et al.*, 2011), gan Ziemeļamerikā (Francis *et al.*, 2006); ir izveidotas vairākas termomehāniskās šķiedru iegūšanas fabrikas, kas ražošanā pielieto tikai apses koksni, piemēram, EstonianCell, Kundā (Igaunija). Līdz ar to papīrmasas šķiedru

īpašības ir svarīgs aspekts klonu izvērtējuma kontekstā, lai saražotu produktus ar lielāku pievienoto vērtību. Koksnes piemērotību papīrmasas jeb sulfātcelulozes izstrādei var raksturot ar no koksnes iegūstamo šķiedru procentuālo iznākumu.

Apšu hibrīdu sulfātcelulozes iznākums $50,6 \pm 1,4\%$ (1. att.) ir par 4% mazāks nekā parastajai apsei, kas augusi bijušajās lauksaimniecības zemēs ($52,2 \pm 1,2\%$) un par 3% mazāks nekā apsei, kas augusi meža zemēs ($52,5 \pm 0,1\%$), tomēr atšķirības statistiski nav būtiskas ($p > 0,05$). Sulfātcelulozes iznākums no koksnes ir cieši saistīts ar papīrmasas iznākumu, kas tāpat arī būs lielāks meža zemēs augušai parastajai apsei. Šo apšu hib-



1. attēls. Apšu un apšu hibrīdu koksnes ķīmiskais sastāvs.

Figure 1. Chemical characteristics common and hybrid aspen wood.

Apzīmējumi / Legend:

A – parastā apse, meža zeme / common aspen, forest land;

APL – parastā apse, bijusi lauksaimniecības zeme / common aspen, former agricultural land;

AH – apses hibrīds / hybrid aspen;

1. Celulozes saturs koksnē / Cellulose in wood;

2. Lignīna saturs koksnē / Lignin in wood;

3. Ekstraktvielu saturs koksnē / Extractives in wood.

rīdu koksnes trūkumu atzīmējuši arī citi autori, (Francis *et al.*, 2006), taču no hibrīdu koksnes ir iespējams iegūt augstākas kvalitātes papīru – apšu hibrīdu šķiedru dimensiju izmēri ir piemērotāki augstvērtīga papīra ražošanai. Agrākajos pētījumos (Treimanis *et al.*, 2006; Zeps *et al.*, 2008) apšu hibrīdu šķiedras, kuru garums ir 0,71-0,81 mm, raksturotas kā īsākas salīdzinājumā ar parastās apses šķiedrām, bet Yanchuk *et al.* (1984), pētot 36-gadīgus apšu hibrīdus, konstatējis 0,7-1,0 mm garas šķiedras. Mūsu dati liecina, ka apšu hibrīda šķiedras ($0,99 \pm 0,05$ mm) ir būtiski ($p < 0,05$) garākas par tāda paša vecuma parastās apses (kas augušas bijušajās lauksaimniecības zemēs) šķiedrām ($0,77 \pm 0,01$ mm) un arī par meža zemēs augušas apses šķiedrām ($0,82 \pm 0,03$ mm) (1. tab.). Iespējams, ka iepriekšējo pētījumu secinājumi par šķiedru atšķirībām radušies, salīdzinot dažāda vecuma kokus, turklāt autori izmantojuši atšķirīgus šķiedru izdalīšanas paņēmienus. Apšu hibrīdu garās un šaurās šķiedras nodrošina mehāniski izturīga papīra

iegūvi. Trūkšanas garums ir pieņemtais papīra loksnes garums, pie kura tas pārtrūktu no sava svāra, bet caurspiešanas indekss raksturo papīra šķiedru savstarpējo saišu stiprību, un abi šie rādītāji raksturo papīra mehānisko izturību.

Starp lauksaimniecības un meža zemēs augušas parastās apses un apšu hibrīdu koksnes šķiedru platumu būtiskas atšķirības nav konstatētas ($p > 0,05$).

Apšu hibrīdu koksnes nemaltas sulfātelulozes šķiedru atlējumu caurspiešanas indekss vidējā grupā ir par 17 % lielāks nekā parastajai apsei, kas augusi meža zemēs (1. tab.), un šī atšķirība statistiski ir būtiska. Papīra trūkšanas garums (1. tab.) apšu hibrīdu šķiedrām ir par 8 % lielāks, salīdzinot ar parasto apsi no meža zemēm ($p > 0,05$). Apšu hibrīdu papīra labo mehānisko īpašību pamatā ir to koksnes šķiedru dimensijas – garums, platums –, kas, kā jau atzīmēts iepriekš ($p < 0,05$), ir būtiski atšķirīgas no parastās apses.

Secinājumi

1. Vienādos augšanas apstākļos (bijušajās lauksaimniecības zemēs) un vecumā parastās apses un apšu hibrīdu koksnes blīvums nav statistiski būtiski atšķirīgs ($p > 0,05$).
2. Celulozes daudzums apšu hibrīdu koksne ir būtiski ($p < 0,05$) mazāks nekā parastajai apsei.
3. Apšu hibrīdu koksnes sulfātelulozes iznākums ($50,6 \pm 1,4$ %) ir mazāks nekā parastajai apsei meža ($52,2 \pm 1,2$ %, $p > 0,05$) un bijušajās lauksaimniecības zemēs ($52,5 \pm 0,1$ %, $p < 0,05$).
4. Apšu hibrīdu koksnes šķiedras ($0,99 \pm 0,05$ mm) ir būtiski garākas par identiska vecuma parastās apses šķiedrām meža un bijušajās lauksaimniecības zemēs (attiecīgi $0,82 \pm 0,02$ mm un $0,77 \pm 0,00$ mm).
5. Iegūto papīra atlējumu caurspiešanas indekss un trūkšanas garums apšu hibrīdiem ir lielāks nekā parastajai apsei (no meža zemēm un bijušajām lauksaimniecības zemēm), kas norāda, ka to koksne ir piemērota izturīga un kvalitatīva papīra ražošanai.

Pateicība: pētījums veikts LVMI Silava realizētā ESF projekta „Ģenētisko faktoru nozīme adaptēties spējīgu un pēc koksnes īpašībām kvalitatīvu mežaudžu izveidē” (Nr. ESF 2009/0200/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/146) ietvaros.

Literatūra

- Ai, J., Tschirner, U.** (2010). Fiber length and pulping characteristics of switchgrass, alfalfa stems, hybrid poplar and willow biomasses. *Bioresource Technology*, 101, 215-221.
- Chaffey, N. J.** (2002). Wood formation in trees, cell and molecular biology techniques. Taylor & Francis, 364 p.
- DIN 50014-20/65-1 Prüfung von Holz, Gewichtskonstanz im Normalklima, 1991, pp. 281-282.
- DIN 52182 Prüfung von Holz, Bestimmung der Rohdichte, 1976.
- Francis, R. C., Hanna, R. B., Shin, S.-J., Brown, A. F., Riemenschneider, D. E.** (2006). Papermaking characteristics of three *Populus* clones grown in the north-central United States. *Biomass Bioenergy*, 30, pp. 803-808.
- Herajarvi, H. Jukkonen, R.** (2006). Wood density and growth rate of European and hybrid aspen in southern Finland. *Baltic Forestry*, 22, pp. 2-8.
- Ilstedt, B., Gullberg, U.** (1993). Genetic variation in a 26-year old hybrid aspen trial in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8, pp. 185-192.
- ISO 5269/2:1980 Preparation of laboratory sheets for physical testing – Part 2: Rapid-Kothen method.
- ISO 1924-1:1983 Paper and board – Determination of tensile properties – Part 1: Constant rate of loading method.
- Karki, T.** (2001). Variation of wood density and shrinkage in European aspen *Populus tremula*. *Holz and Roh- and Werkstoff*, 59, pp. 79-84.
- Rytter, L., Stener, L.-G.** (2003). Clonal variation in nutrient content in woody biomass of hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fennica*, 37(3), pp. 313-324.
- Smilga, J.** (1968). Apse. Rīga Zinātne: 200 lpp.
- Šāble, I., Grīnfelds, U., Zeps, M., Irbe, I., Jansons, Ā., Treimanis, A.** (2012). Papermaking characteristics of kraft pulp from hybrid aspen clones. Proceedings of 12th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp, August 27-30, Helsinki, pp. 500-503.
- TAPPI Test Methods, USA, TAPPI press, 1994, 1484 p.
- Treimanis, A., Grīnfelds, U., Skute, M., Gailis, A., Zeps, M.** (2006). Comparative study of wood and pulp fibres obtained from natural forest and plantation aspen fibres. Proceedings of 9th European Workshop on lignocellulosics and pulp, August 27-30, Vienna, Austria, pp. 561-563.
- Tullus, A., Mandre, M., Soo, T., Tullus, H.** (2010). Relationships between cellulose, lignin and nutrients in the stemwood of hybrid aspen in Estonian plantations. *Cellulose*

Chemistry and Technology, 44(4-6), pp. 101-109.

- Tullus, A., Rytter, L., Tullus, T., Weih, M., Tullus, H.** (2011). Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe. Scandinavian Journal of Forest Research, 27, pp. 10-29.
- Yanchuk, A. D., Dancik, B. P., Micko, M. M.** (1984). Variation and heritability of wood density and fiber length of trembling aspen in Alberta, Canada. *Silvae Genetica*, 33, pp. 11-16.
- Yu, Q.** (2001). Can physiological and anatomical characters be used for selecting high yielding hybrid aspen clones? *Silva Fennica*, 35, pp. 137-146.
- 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, pp. 1348-1356.
- Zeps, M., Auzenbaha, D., Gailis, A., Treimanis, A., Grīnfelds, U.** (2008). Hibrīdapšu (*Populus tremuloides* × *Populus tremula*) klonu salīdzināšana un atlase. *Mežzinātne*, 18, 19.-34. lpp.