

포플러材의 材質에 關한 試驗

趙在明 · 姜善求 · 李鎔大 · 鄭希錫 · 安正模 · 沈鍾燮

〔林業試驗場 研究報告 第 21 号 ; 187 ~ 205, 1974〕

Studies on the Properties of *Populus* Grown in Korea

Jae Myoeng Jo · Sun Goo Kang · Yong Dae Lee

Hee Suk Jung · Jung Mo Ahn · Chong Supp Shim

〔Res. Rep. For. Res. Inst., Korea, No. 21 ; 187 ~ 205, 1974〕

Abstract

In Korea, this is the situation at moment that the total demand of timber in 1972 is more than 5 million cubic meters. On the other hand, however, the available domestic supply of timber at the same year is only about, 1 million cubic meters. A great unbalancing between demand and supply of timber has been prevailing.

To solve this hard problem, it has been necessitated to build up the forest stocks as early as possible with fast grown species such as poplar. Under circumstances, poplar plantations which have been carried on government and private have reached to large area of 116,603 hectors from 1962 up to date. It has now be come a principal timber resources in this country, and required the basic study on various properties of wood for it's proper utilization, since it has not been made of any systematic study on the properties of *Populus* grown in Korea.

In order to investigate the properties such as anatomical, physical and mechanical properties of nine different species (*P. euramericana* Guiner I-214, *P. euramericana* Guiner I-476, *P. deltoides* Marsh, *P. nigra* var. *italica* (Muchk) Koeme, *P. alba* L., *P. alba* x *glandulosa* *P. maximowiczii* Henry, *P. koreana* Rehder, *P. davidiana* Dode) of poplar for their proper use and development of new ways of grading processing and quality improving, this study has been made by the Forest Research Institute.

1. 서 언

1972년도 목재수요량은 500만 m^3 를 초과하고 있으나 국산재의 공급은 100만 m^3 에 불과하여 다량의 외재를 수입하여 충당하고 있는 실정이다.

이와같은 목재수요량의 격증과 목재수급의 불균형을 타개코저 정부에서는 산림자원의 조속한 조성과 농가소득의 증대를 위하여 생장이 양호한 단별기 조림 수종인 개량포푸라의 식재를 1962년도 부터 전국적으로 권장 실시하였다.

1972년까지 조림실적은 116,603 ha에 달하고 있어 금후 개량포푸라는 국내 새로운 목재 자원으로 등장케 되었고 포푸라재의 새로운 이용가공 기술개발이 요청되고 있다.

필자들은 포푸라재의 적정용도의 구분, 가공 및 재질 개량의 기초자료에 활용코저 우리나라산 개량포푸라인 이태리포푸라 I-214와 2수종, 도입수종인 미류나무의 2수종 그리고 자생수종인 사시나무의 2수종에 대한 해부학적성질, 물리적성질 및 기계적성질을 조사하였는 바 그 결과를 발표하는 바

이다.

2. 연구사

포푸라는 18세기 후반기부터 재배한 기록이 있으나⁽¹⁾ 이용의 역사는 대단히 짧아 불과 수십년 전의 일이고 포푸라에 대한 연구는 1946년 까지만 해도 극히 미미했으나 그후 포푸라재의 재질과 이용의 연구가 구미 선진국에서 비교적 활발히 추진되어 왔었다.

미국에 있어서 1935년 Markwardt와 Wilson이 미국산 포푸라의 기계적성질을 연구한 이래⁽²⁾ 1947년 레이크주(Lake states) 내에 20백만에커(Acre)에 달하는 포푸라의 이용개발을 목적으로 재질과 용도에 대한 집중적인 연구 사업을 실시하였으⁽³⁾며⁽²⁷⁾,

Betts (1945, 1946)는 포푸라의 분포, 성장공급량 및 재질과 용도등을 조사 보고하였다.⁽³⁾

Kaeiser (1956)와 Wilcox, Farmer (1968) 등은 eastern cotton의 직경 생장부위별에 따른 섬유장의 변이를 조사 보고하였으며^(16, 35),

Paul과 Sacre (1956, 1963)양씨는 포푸라재의 생장율에 따른 비중의 변이를 조사 보고하였다^(28, 29).

캐나다에 있어서는 1935년 Gibbs가 제절별에 따라서 trembling aspen의 생재함수율의 변이를 조사 보고한 이래⁽¹⁰⁾ Johnson (1942)와 Liese, Ammer (1958)는 포푸라의 춘재와 추재 사이에 섬유장의 차이를 조사 보고하였고^(14, 22) 또한 Liese와 Ammer는 수령별에 따른 섬유장의 변이를 조사 보고하였으며,

Buijtenen (1965)와 3인은 aspen의 2배체와 3배체의 섬유장의 차이를 시험보고 하였다.⁽⁵⁾

Mayer-Wegelin (1953)과 Kennedy와 Smith (1959)는 포푸라재의 생장율에 따른 밀도의 변이를 조사 보고하였으며^(2, 20) Kennedy (1957, 1965)는 black cotton wood의 생장율과 수령에 따른 섬유장의 변이, 체적수축율, 기계적성질 등을 조사 보고한바 있고 또한 1965년 포푸라재의 해부학적성질, 물리적성질, 기계적성질, 화학적성질 및 가공적성질 등을 광범위하게 조사 보고한 바 있다^(19, 17).

Mayer-Wegelin (1953)과 Anon (1958) 등은 포푸라재의 섬유포화점을 조사 보고하였고^(20, 1)

Ston (1956)은 Aspen의 침투성에 대하여 보고한 바 있다⁽³³⁾. Thomas (1966)는 포푸라재의 부후에 대하여 연구 보고하였다⁽³⁴⁾. 또한 Jayme와 Harders-Steinhouser (1954)은 유행기에 있어

서 포푸라의 생장율에 따른 비중의 변이를 조사 보고하였다⁽¹²⁾.

Griffioen (1958)는 네델란드산 포푸라재의 생장율과 비중의 변이를 조사 보고한 바 있고⁽¹¹⁾, Onodera (1965)와 2인은 일본 Hokkaido산 양버들의 3수종의 해부학적성질, 물리적성질, 기계적성질 및 가공적성질 등을 조사 보고하였다⁽²⁹⁾.

국제적으로 포푸라 이용의 중요성이 크게 대두되자 1947년 F. A. O. 후원하에 국제포푸라위원회(I. P. U.)가 설치되었으며 1958년 포푸라의 보다 효율적인 생산과 이용을 목적으로 "임업과 토지이용에 있어서 포푸라"라는 제목으로 종합적인 보고서가 발표되었다⁽¹⁾.

우리나라에서는 1938년 Yamabayashi가 황철나무의 7수종의 해부학적성질을 조사 보고한 이래⁽³⁸⁾, Lee (1961)는 은백양의 7수종의 해부학적성질을 조사 보고하였다.⁽²¹⁾

Son과 Chung (1970)은 육종의 목적으로 잡종포푸라의 섬유장과 비중을 조사 보고하였으며⁽³¹⁾ Shin (1971)과 Chun (1972)은 이태리포푸라의 팔프제조시험에서 섬유장과 비중 등 몇가지 성질을 조사한 바 있다^(30, 8).

JO (1772)는 집성재 제조시험에서 이태리포푸라 I-476의 물리적성질과 기계적성질을 조사 보고하였으며⁽¹³⁾ 동년 Jung은 사시나무의 섬유장을 위시한 기초재질 등을 조사 보고한 바 있다⁽¹⁵⁾.

3. 재료 및 방법

3.1. 공시임분과 임목

공시수종별 공시임분은 이태리포푸라 I-214 이태리포푸라 I-476 미류나무 및 양버들은 인공식재지에서 수종별로 각각 3개소씩 선정하였으며 은수원사시나무는 인공식재지에서 은백양은 자생지에서 각 1개소를 선정하였고 황철나무 물황철나무 및 사시나무는 천연임지에서 각 1개소씩 선정하였고 수종별로 선정된 각공시 임분에서 40m×40m의 표준지를 선정하여 흉고지름 20cm 이상의 수간이 통직하고 건전한 임목에서 흉고지름의 크기를 3계층으로 나누어 1계층에서 3분씩 9분의 공시임목을 선정하였다. 선정된 수종별 공시임분 및 임목의 개황은 Table 1과 같다.

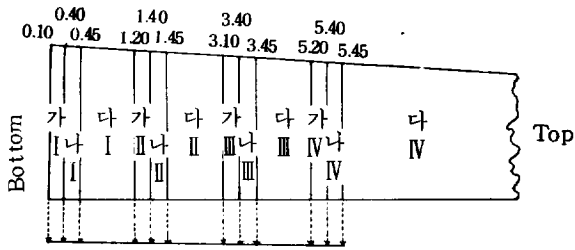
3.2. 공시목조재

공시목의 조재는 Fig. 1과 같이 생장상황, 심변재

을, 섬유장측정 및 기타조직 해부용원판, 생재함수율 재하였다.
측정용원판과 물리 강도시험용 원목으로 구분하여 조

Table 1. Stand and qualities of sample tree

Species	Locality	D. B. H (cm)	Tree height (m)	Tree age (year)	Remarks
<i>Populus euramericana</i> I-214	Kyunggi Yoeju	24.0 20.0—28.0	22.9 18.9—22.7	10	Man-made Forest
	Kyunggi Ansung	24.0 22.0—26.0	22.0 21.0—23.0	9—10	"
	Kyunggi Hwasung	24.0 22.0—26.0	17.7 14.2—19.9	9—10	"
<i>Populus euramericana</i> I-476	Kyunggi Hwasung	20.0 20.0—22.0	18.9 17.6—20.2	10—11	"
	Seoul Seon _g Jong	24.0 20.0—28.0	18.0 15.9—20.1	10—11	"
	Kyonggi Anseong	24.0 22.0—26.0	22.9 21.7—24.1	10—11	"
<i>Populus deltoides</i> Marsh	Seoul Seongdong	26.0 20.0—32.0	22.1 16.0—28.2	12—16	"
	Kyunggi Yangpyong	24.0 22.0—26.0	19.0 13.5—22.5	13	"
	Kyunggi Hwanggyae	30.0 24.0—38.0	18.0 15.5—20.5	13	"
<i>Populus nigra</i> <i>var. italica</i>	Kyunggi Yangpyong	24.0 20.0—28.0	18.6 17.0—20.2	10—12	"
	Kyunggi Hwaseong	24.0 22.0—26.0	16.6 15.0—18.2	10	"
	Kyunggi Gwangju	24.0 22.0—30.0	15.7 14.2—17.2	10	"
<i>Populus alba</i> L.	Kyunggi Suwon	24.0 22.0—30.0	14.4 12.5—16.5	12—17	"
<i>Populus alba</i> × <i>glandulosa</i>	Kyunggi Hwasung	20.0 18.0—22.0	14.5 12.5—15.6	11—12	"
<i>Populus maximowiczii</i>	Kangwon Hongcheon	24.0 20.0—28.0	16.6 14.2—18.5	27—47	"
<i>Populus koreana</i>	Kangwon Hongcheon	20.0 18.0—26.0	14.3 10.9—18.7	25—33	Natural Forest
<i>Populus davidiana</i>	Kangwon Hongcheon	22.0 18.0—26.0	16.8 13.2—20.9	26—44	"



가. Disks for anatomy
 나. Disks for moisture content in the green
 다. Log for physics and mechanics
 Fig. 1. Sampling method of log and disk for fundamental propertion

3.3. 측정방법

가. 해부학적성질

해부학적성질 시험에서 육안적성질과 현미경적성질은 채취된 해부용원판에서 측정하였으며 주로 Yamabayashi⁽³³⁾의 방법에 의하였다. 육안적성질 시험의 내용은 연륜의 판명도, 연륜폭의 광협과 변이, 심변재의 판명도, 폭과 폭의 변이, 색, 정치도, 광택도, 경도, 향기, 수피울 등을 측정 조사하였다.

현미경적 성질중에서 도판과 수선의 관찰조사는 먼저 공시편을 자비수조에서 4-7시간 자비하여 연화한 후 즉시 글리세린-알콜 등량액에 저장하고 절삭에 앞서 저장된 연화재는 물로 깨끗이 씻은 다음 마이크로톰의 절삭두께 20 μ 이 되도록 조정하여 방향이 정확히 되도록 절삭하였다. 염색은 헤마독시린법을 채택하였으며 투명재로서는 키시물을 사용하고 캐나다 발삼을 적하하여 카바그라스로 덮고 봉인한 후 도판의 크기와 수선의 수를 측정하였다.

섬유장과 섬유폭의 측정은 해부용원판의 평균직경생장부위에서 수심으로부터 수피로 향해 이태리포푸라 I-214, I-476, 미류나무 양버들 은백양은 1년륜 간격으로 황철나무 물황철나무 사시나무는 2년륜간격으로 측목을 채취하여 슐츠용액(Schurzs Solution)으로 섬유를 해리한 다음 사푸라닌으로 염색하였다.

측정방법은 공시편 채취부위별로 각각 100 개씩 프로젝타(projecter)에 의해 측정하였으며 Chalk와 Chattaway의 전장측정법을 채택 하였다.

나. 물리적 성질

물리적성질 시험중에서 비중은 한국공업규격 KSF 2202 목재의 비중측정방법에 의해 직경생장 부위별로 따라 생재비중 기건비중 전건비중을 측정하고 용적밀도수는 전건무게를 생재용적으로 나누어 구

하였다. 생재함수율을 벌채즉시 엔드코팅하여 수분이 손실되지 않도록 하여 공시편을 채취 생재의 무게로 평량한 후 전건법에 의해서 직경생장과 수고생장의 각부위별로 따라 측정하였다.

수축율은 KSF 2203 목재의 수축율 시험방법에 의해서 전수축율 기건까지의 수축율을 측정하고 평균수축율을 산출하였다. 흡수성은 KSF 2204 목재의 흡수량 측정방법 흡수성은 JIS Z 2105 목재의 흡수성 시험 방법에 의하여 섬유방향 경단방향 및 축단방향별로 측정하였다.

이 시험에서 기건시험편의 함수율은 항온, 항습기에서 12% (온도 20°C 관계습도 65%) 기준으로 하여 조습처리 하였다.

다. 기계적성질

기계적성질 시험중에서 압축강도는 KSF 2206 목재의 압축시험 방법에 의하여 종압축강도 횡압축강도 및 부분압축강도를 측정하고 인장강도는 KSF 2207 목재의 인장 시험방법에 의하여 종인장강도와 횡인장강도를 측정하였다.

휨강도는 KSF 2208 목재의 휨시험방법, 전단강도는 KSF 2114 목재의 전단시험방법, 충격휨 흡수에너지는 KSF 2211 충격 휨시험방법에 의하고 경도는 KSF 2212 목재의 경도시험방법 활열강도는 KSF 2210 목재의 갈라짐 시험방법, 못인발 저항은 KSF 2214 목재의 못뽑기 저항시험 방법에 의하여 각각 측정하였다.

공시체의 함수율은 항온항습실에서 12% 기준 (온도 20°C 관계습도로 65%)으로 조습처리 하였다.

4. 시험결과 및 고찰

4.1. 해부학적성질

가. 육안적 성질

(1) 연륜폭

Fig. 2와 같이 수고 부위가 높아짐에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며 이는 Jung (1972)이 보고한 사시나무의 연륜폭 변이와 일치하고 있다.⁽¹⁵⁾수종별 수고부위에 따른 연륜폭의 변이는 각각 상이하였으며 생장이 빠른 이태리포푸라 I-214, I-476, 미류나무, 양버들, 은수원사시나무 및 은백양등의 연륜폭의 변이는 급격한 변이곡선을 나타냈고 반면에 생장이 느린 황철나무, 물황철나무, 사시나무 등의 연륜폭의 변이는 비교적 완만한 변이곡선을 나타내었다.

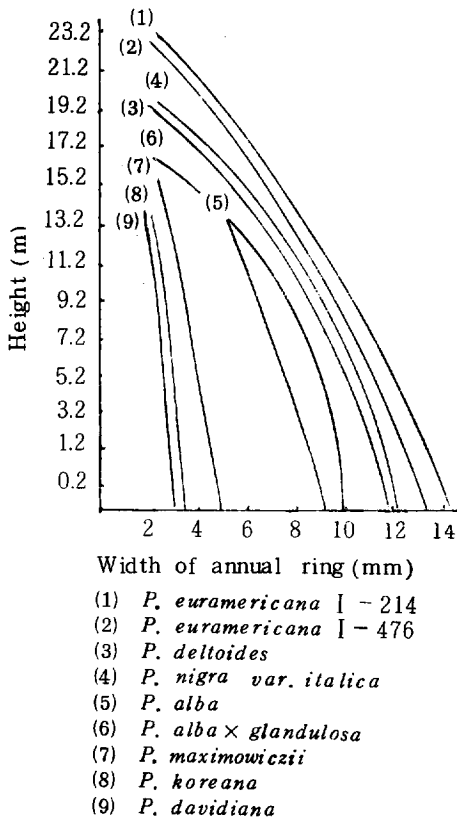


Fig. 2. Variation of annual ring width in the trunk position.

수종별 평균연륜폭과 그의 표준편차는 이태리포푸라 I-214가 12.6mm±1.7로서 가장 넓었고 이태리포푸라 I-476 12.0mm±1.0, 양버들 11.1mm±1.8, 미류나무 11.0mm±1.4, 은수원사시나무 10.4mm±1.1, 은백양 9.6mm±1.7, 황철나무 4.4mm±1.1, 물황철나무 3.6mm±0.5, 사시나무는 3.5mm±0.5로서 가장 좁았으며 수종간의 평균연륜폭의 차이는 대단히 컸다. 또한 포푸라재의 연륜계의 판명도는 다른 수종에 비하여 약간 불명확한 편이었다.

포푸라재의 연륜폭은 성장율의 척도가 되며 연륜폭의 변이는 재질을 지배하는 인자가 되고 있는 바 연륜폭이 큰 수종은 연륜폭이 좁은 수종에 비하여 목재의 양적 성장량은 클 것이다. 재질이 불균일 하여 성질상 안정된 목재의 생산이 불가할 것이다. 따라서 금후 속성수종의 이용에 있어서 치수 안정화 등의 이용방안이 강구되어야 할 것이다.

(2) 심변재

포푸라재의 수고부위별에 따른 변재폭의 변이는 Fig. 3과 같이 수고부위가 높아짐에 따라 점차 감

소하는 경향을 나타내고 있으며 Jung (1972) 이 보고한 활엽수재의 변재폭 변이와 일치하고 있다 (6). 수종별 수고부위에 따른 변재폭의 변이는 각각 상이하였으며 이태리포푸라 I-214, I-476, 미류나무, 양버들, 은백양 및 물황철나무 등의 변재폭은 지상고 5.2m 부위까지는 비교적 고정된 상태를 유지하다가 5.2m 부위 이상에서는 급격한 감소 현상을 나타내고 있으나 사시나무 은수원사시나무 및 황철나무등의 변재폭은 지상에서 정부까지 거의 균일한 감소곡선을 나타내고 있다. 이는 수고생장에 따라서 심재형성이 다른 경우와 비교하여 컸다는 것을 의미한다.

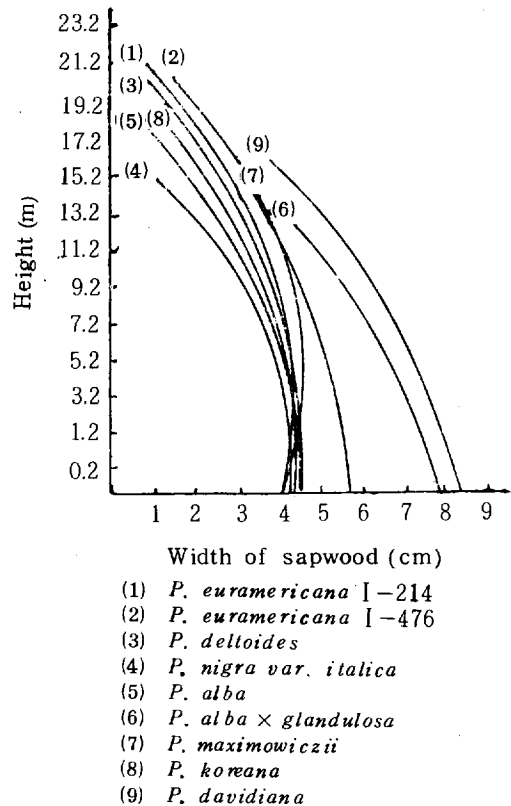


Fig. 3. Variation of sapwood width in the trunk position.

수종별 흉고부위의 심재지름, 변재폭, 변심재 및 변심재의 색은 Table 2와 같다. 포푸라재의 심재지름은 일반활엽수재에 비하여 적었으며 특히 사시나무 심재지름은 4cm, 은수원사시나무의 심재지름은 6cm로서 대단히 작았다. 반면에 포푸라재의 변재폭은 일반 활엽수재에 비하여 대단히 컸었고 특히 사시나무의 변재폭은 일반 활엽수재에 비하여 대단히 컸었고 특히 사시나무의 변재폭은 8.6cm, 은수원사

시나무는 7.3 cm로서 매우 컸었다. 다만 포푸라 속 중에서도 은백양의 변재율은 64%로서 가장 적은편이고 은수원사시나무와 사시나무의 경우에는 94%나 되어 대단히 큰 편이었다. 포푸라재의 변재율은 연륜폭과 같이 수종 개체부위에 따라 상이한 결과를 나타내고 있다.

심변재의 판명도에 있어서 미류나무, 양버들, 은백양 및 은수원사시나무 등은 명확하였고 황철나무, 물황철나무 및 사시나무는 불명확한 수종이었으나 이태리포푸라는 명확 또는 불명확한 경우도 있었다.

또한 심변재 사이의 재색은 다소 차이가 나타나고 있는데 이는 색소의 침적에 의한 것으로 사료된다.

변심재의 재색의 차이는 수종별로 다소 상이하나 심재는 대체로 홍갈 내지 암갈색이며 변재는 담홍황 내지 백색이었다. 심재지름은 목재건조 및 재질개량시 약제주입의 난이성과 밀접한 관계가 있으므로 목재가공 이용시 고려되어야 할 성질이다.

(3) 기타

육안적성질중에서 포푸라재의 조직은 곱고 균일하였으며 광택도는 강하였다. 또한 포푸라재는 생재시에는 맛이 약간 비치고 건조하면 없어지나 은백양은 건조하여도 맛을 계속 유지하고 있었다. 포푸라재의 수피율은 미류나무가 15.8%로서 가장 크고 사시나무 15.2%, 물황철나무 14.9%, 양버들 14.5%, 황철나무 13.8%, 은수원 사시나무 12.7%, 이태리포푸라 I-214 12.4%, 이태리포푸라 I-476 11.6%, 은백양은 9.0%로서 가장 적었다.

나. 현미경적 성질

(1) 섬유크기

포푸라재의 수간 생장부위별에 따른 섬유장과 폭의 변이는 그림 4-1~4-2와 같이 수심에서 수피로 향하여 급격히 증대하였다. 이는 Sanio (1872)의 일반법칙, Kennedy (1957), Liese와 Ammer (1958), Boyce와 Kaiser (1961), Wilcoy와 Farmer (1968)씨가 조사 보고한 결과와 일치하고 있다.

수종별 직경 생장부위별에 따른 섬유장의 변이는 각각 상이 하였으며 은수원사시나무, 이태리포푸라 I-476, I-214 양버들 및 미류나무의 섬유장은 급격한 증대 곡선을 나타내고 은백양, 물황철나무, 황철나무 및 사시나무는 비교적 완만한 증대 곡선을 나타내었다. 또한 수고 부위별에 따른 섬유장의 변

이는 수고 부위가 높아짐에 따라 섬유장은 감소하

Table 2. Heartwood and sapwood

Species	Heart wood diameter (cm)	Sapwood width (cm)	Sapwood proportion (%)
<i>P. euramericana</i> I-214	15.1	3.9±0.8*	79.9
<i>P. euramericana</i> I-476	13.7	4.3±0.7	80.3
<i>P. deltoides</i>	17.8	4.1±0.8	77.4
<i>P. nigra var. italica</i>	15.7	3.6±0.9	77.4
<i>P. alba</i>	16.0	3.9±1.4	64.0
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	5.5	7.3±1.1	94.5
<i>P. maximowiczii</i>	14.8	4.9±0.9	80.0
<i>P. koreana</i>	11.8	4.1±0.6	80.7
<i>P. davidiana</i>	4.3	8.6±2.6	94.0

주: Based on D. B. H.

Note * M ± S. D.

었다.

수종별 수고 부위에 따른 섬유장의 감소 정도는 각각 상이 하였다.

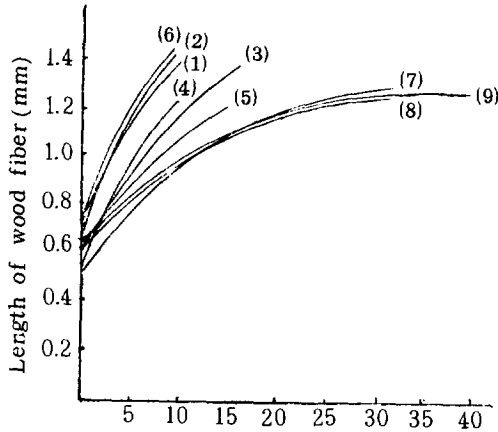
일반적으로 지상부에서 일정한 수고 부위까지는 섬유장의 변이가 비교적 완만한 감소현상을 나타내었고 그후부터는 급격한 감소현상을 나타내었다.

수종별 수고 부위에 따른 섬유장의 변이의 급격한 감소가 일어나는 수고 부위는 수종별로 각각 상이 하였으며 대체로 지상고 7.2~13.2m였다.

수종별 섬유장과 표준편차는 은수원사시나무가 1.161 ± 0.229로서 가장 크고 이태리포푸라 I-214 1.158 ± 0.244, 이태리포푸라 I-476 1.115 ± 0.178, 사시나무 1.075 ± 0.091, 양버들 1.036 ± 0.207, 물황철나무 0.999 ± 0.218, 황철나무 0.993 ± 0.243, 미류나무 0.958 ± 0.185, 은백양은 0.920 ± 0.146로서 가장 적었다.

본 시험에서 조사된 포푸라재의 수종별 섬유장은 Lee (1961), Son과 Chung (1970)이 조사 보고한 섬유장 보다 훨씬 긴 편인데⁽²⁾⁽³¹⁾ 섬유장이 산지나 생장상에 따라 다를 수도 있겠지만 이는 공시재의 수령 차이에 기인된 것으로 생각된다.

Kennedy (1957), Liese와 Ammer (1958) B-



Ring number from pith of D.B.H.

- (1) *P. euramericana* I-214
- (2) *P. euramericana* I-476
- (3) *P. deltooides*
- (4) *P. nigra var. italica*
- (5) *P. alba*
- (6) *P. alba* × *glandulosa*
- (7) *P. maximowiczii*
- (8) *P. koreana*
- (9) *P. davidiana*

Fig. 4-1. Variation of wood fiber length in diameter growth at D.B.H.

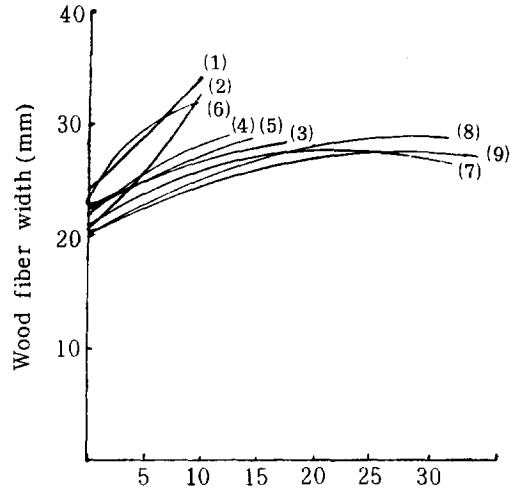
oyce와 Kaiser (1961) 등이 조사 보고한 결과와는 거의 일치하고 있다 (19×23×3). 또한 직경 생장부 위별에 따른 섬유폭의 변이는 섬유장의 변이와 같이 수심에서 수피로 향하여 증대하였으며 섬유폭 변이는 섬유장의 변이 보다 완만하였다.

수고 부위에 따른 섬유폭의 변이는 일정한 경향이 나타나지 않았다.

수종별 평균섬유폭과 표준편차는 이태리포푸라 I-476이 29 μ ± 2.8 이고 은수원사시나무는 29 μ ± 2.7로서 가장 넓었고 이태리포푸라 I-214 28 μ ± 3.1, 황철나무 26 μ ± 2.5, 물황철나무 26 μ ± 3.1, 사시나무 26 μ ± 2.7, 은백양 25 μ ± 1.6, 미류나무가 24 μ ± 1.8 이고 양버들이 24 μ ± 2.4로서 가장 적었다.

섬유장과 폭의 비는 양버들이 43으로서 가장 크고 이태리포푸라 I-214 41, 미류나무와 은수원사시나무 40, 이태리포푸라 I-476, 황철나무 물황철나무와 사시나무 38 은백양은 37로서 가장 적었다.

Lee (1961)가 조사 보고한 섬유폭 보다 다소 큰 값을 나타내고 있으나 섬유장과 섬유폭의 비는 거의 비슷한 결과를 나타 내고 있다 (a). 수종별 섬



Ring number from pith of D.B.H

- (1) *P. euramericana* I-214
- (2) *P. euramericana* I-476
- (3) *P. deltooides*
- (4) *P. nigra var. italica*
- (5) *P. alba*
- (6) *P. alba* × *glandulosa*
- (7) *P. maximowiczii*
- (8) *P. koreana*
- (9) *P. davidiana*

Fig. 4-2. Variation of wood fiber width in diameter growth at D.B.H.

유막의 평균 두께는 은백양, 은수원사시나무, 황철나무와 사시나무가 2.3 μ로서 가장크고 이태리포푸라 I-214 2.2 μ, 물황철나무 2.1 μ 미류나무 2.0 μ, 이태리포푸라 I-476 1.7 μ, 양버들은 1.6 μ로서 가장 적은 수치를 나타내었다. 섬유장은 펄프의 품질과 밀접한 관련이 있는바 포푸라재의 섬유장은 Jung (1972)이 조사 보고한 우리나라산 일반활엽수재의 섬유장 보다 (a) 다소 긴 결과를 나타내고 있어서 펄프재로 유망한 수종의 하나이다.

(2) 도관과 수선

포푸라재의 도관은 횡단면에서 단일도관과 복합도관의 2종이 관찰되며 복합수는 2-4 정도였다.

포푸라재 단일도관의 직경, 단일 및 복합도관의 수 및 수선수는 Table 3과 같다.

도관의 직경은 경단방향보다 축단방향에서 컸었다. 양버들의 도관은 경단방향에서 120 μ, 축단방향에서 77 μ로서 최대였고 사시나무는 경단방향에서 86 μ, 축단방향에서 58 μ로서 가장 적었다.

도관 형태별 도관의 수는 단일도관이 가장 많이 존재하고 2복합 3복합 4복합의 순위였다. 2단평

균도관 수량은 수종별로 상이하며 사시나무가 43.3개로서 가장 많았고 미류나무는 27.1로서 가장 적었다. 또한 1mm 내에 존재하는 수선의 수는 9.011개로 관찰되고 이태리포푸라 I-214는 9개로서 최소였다.

본 시험에서 관찰된 도관의 직경과 수선수는 Lee (1961)가 조사 보고한 결과와 거의 비슷하였다⁽²¹⁾

4.2. 물리적성질

가. 생재함수율

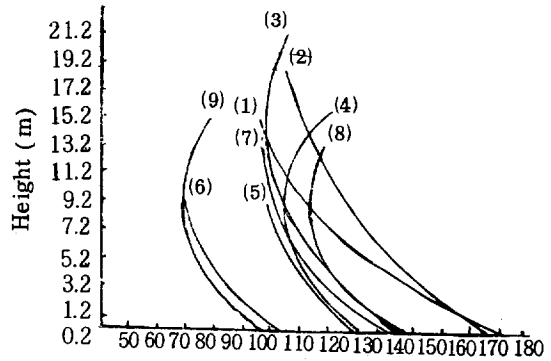
포푸라재의 수간 부위별에 따른 생재함수율의 변이는 Fig. 5-1 ~ 5-9와 같이 수고 부위별 생재함수율은 수간 기부가 가장 많으며 수종별로 함수율의 변이는 각각 상이하였다.

이태리포푸라 I-214, I-479 미류나무, 은백양, 황철나무 및 사시나무 등은 수고 부위가 높아짐에 따라 점차 감소하고 있으나 양버들 은수원사시나무 및 물황철나무 등은 수간 기부에서 지상고 7.2 ~ 9.2m 부위까지는 점차 감소 하였다가 그 이후부터는 다시 증가하는 경향을 나타내고 있었다. 또한 직경 생장부위별 생재함수율의 변이는 심재가 변재보다 함수율이 많고 수심에서 수피방향으로 향하여 일정한 부위 까지는 점차 감소경향을 나타내었다가 수피부근에 이르러서는 오히려 함수율이 약간 증가하고 있다.

그러나 이태리포푸라 I-214, I-476 미류나무와 은백양의 수간 기부는 예외로 수심에서 수피방향으로 향하여 함수율은 계속 감소하고 있었다. 이는 Curro (1955)가 조사한 이태리포푸라 I-214의 생재함수율의 변이⁽⁹⁾와 Jung (1972)이 조사한 사시나무의 생재함수율의 변이와 거의 일치하고 있다⁽¹⁵⁾ 생재함수율은 수간 부위에 따라 차이가 있지만은 계절별에 따라서도 변화 한다.

Gibbs (1935)가 조사한 Trembling aspen의 계절별 함수율은 동기에서는 130%로서 가장 많고 하기에는 65%까지 감소한다고 하였다⁽¹⁰⁾. 본시험에서는 5-6월에 조사하였다.

수종별 평균생재 함수율과 표준편차는 물황철나무가 129% ± 15로서 가장 많고 이태리포푸라 I-476 127% ± 27, 이태리포푸라 I-214 121% ± 29, 양버들 117% ± 20, 은백양 116% ± 15, 미류나무 112% ± 15, 황철나무 111% ± 24, 은수원사시나무 86% ± 13, 사시나무는 82% ± 10 으로서 가장 적었다.



Moisture content in the green condition (%)

- (1) *P. euramericana* I-214
- (2) *P. euramericana* I-476
- (3) *P. deltooides*
- (4) *P. nigra var. italica*
- (5) *P. alba*
- (6) *P. alba × glandulosa*
- (7) *P. maximowiczii*
- (8) *P. koreana*
- (9) *P. davidiana*

Fig. 5-1. Variation of moisture content in the green condition in the trunk position.

나. 비중

포푸라재의 비중과 용적밀도수는 Table 3과 같이 생재비중은 0.64 ± 0.69 범위에 속하고 미류나무가 0.69로서 가장 크고 이태리포푸라 I-476이 0.64로서 가장 적었으며 수종별로 큰 차이가 없었다.

기건비중은 0.35 ~ 0.47 범위에 속하고 사시나무가 0.47로서 가장 크고 이태리포푸라는 0.35로서 가장 적었고 수종간의 차이는 대단히 컸다.

전건비중은 0.33 ~ 0.45 범위에 속하고 이태리포푸라 I-214가 0.33로서 가장 적고 사시나무가 0.45로서 가장 컸었다.

용적밀도수는 290 ~ 390 kg/m³ 범위에 속하며 이태리포푸라 I-214가 290 kg/m³로서 가장 적고 사시나무가 390 kg/m³로서 가장 컸었다.

기건비중 전건비중과 용적밀도수는 수종별로 큰 차이를 나타내고 있는데 이는 주로 목질량의 차이에 기인된 것으로 생각되고 반면에 비교적 목질이 많은 수종은 상대적으로 생재함수율이 적어서 결과적으로 생재비중은 차이가 적어지는 것으로 생각된다.

시험에서 Giordano가 조사한 포푸라재의 기건 비중은 이태리포푸라 I-214 0.332, 이태리포푸라 I-476 0.368, 은백양 0.44 ~ 0.54 이고⁽¹¹⁾ Son과 Chung (1972)이 조사한 포푸라재의 전건비중은 이태리

포푸라 I-214 0.376, 이태리포푸라 I-476 0.388, 미류나무 Q 387, 양버들 0.368 은백양 0.381, 은수원사시나무 0.396~0.421, 황철나무 0.410, 물황철나무 0.390~0.398, 사시나무 0.424로서⁽²²⁾본 시험의 결과와 비슷하였으며 수종별로 약간의 차이가 나타나고 있었으나 이는 공시재의 조건 주로 성장율의 차이에 기인된 것으로 생각된다. Paul (1956, 1963)은 포푸라재의 비중은 성장율과 반비례적이라고 하였다⁽²³⁾.

수간 부위에 따라서 비중의 변이는 대체적으로 변재부위가 심재보다 크고 수간의 기부는 정부 보다 적은 경향은 나타나고 있으나 다소 불규칙적인 변이가 있었다. 이는 전술한 연륜성장율의 차이에 기인된 것으로 생각된다.

생장이 다른 수종은 생장이 느린 수종보다 비중은 적었는데 Mayer-Wegelin (1953)이 보고한 결과와 일치하고 있다⁽²⁴⁾.

다. 수축율

포푸라재의 섬유방향, 경단방향, 축단방향별 전수축율, 기건수축율, 평균수축율 및 축단방향과 경단방향의 수축율의 비는 Table 4에서와 같이 포푸라재의 전수축율은 축단방향 7.15~8.81% 범위에 있고 양버들은 7.15%로서 가장 적고 은수원사시나무는 8.81%로 가장 크다. 경단방향에서는 2.49~3.46% 범위에 있고 이태리포푸라 I-214가 2.49%로

가장 적고 사시나무는 3.46%로서 가장 컸다. 섬유방향에서는 0.25~0.49% 범위에 있고 이태리포푸라 I-214가 가장 적고 사시나무가 0.49%로서 가장 컸다.

기건수축율은 축단방향에서 4.43~6.19% 범위이고 경단방향에서는 1.27~2.07% 범위에 있고 차이가 심하다. 섬유방향에서는 0.10~0.27% 범위에 있다. 평균수축율의 범위는 축단방향에서 0.19~0.28%, 경단방향에서 0.06~0.12%, 섬유방향에서는 0.02%였다.

포푸라재의 축단과 경단과의 수축율의 비는 2.17~3.04 범위에 있고 이태리포푸라 I-214가 3.04로서 가장 크고 사시나무가 2.17로서 가장 적었다.

포푸라재의 수축율은 일반적으로 비중이 큰 수종일수록 컸다.

Kollmann이 조사한 *미류나무의 전수축율은 축단방향 9.2%, 경단방향 3.9%, 섬유방향 0.6%였고 *P. nigra*는 축단방향 8.3%, 경단방향 5.2%, 섬유방향 0.3%였다⁽²⁵⁾.

Giordano가 조사한 *P. x euramericana, var. arcuata*의 전수축율은 축단방향 5.1~7.5%, 경단방향 2.0~4.5%, 섬유방향 0.2~0.03%로서⁽²⁶⁾본 시험의 결과는 Kollmann이 조사한것 보다 다소 작은 값을 나타내고 있으나 Giordano와 비슷한 결과

Table 3. Specific gravity

Species	Specific gravity in the green	Specific gravity in the air dry	Specific gravity in the oven dry	Basic density (kg/cm ³)
<i>P. euramericana</i> I-214	0.65 ± 0.06	0.35 ± 0.03	0.33 ± 0.01	290 ± 10
<i>P. euramericana</i> I-476	0.64 ± 0.06	0.35 ± 0.02	0.34 ± 0.02	300 ± 20
<i>P. deltoides</i>	0.69 ± 0.05	0.42 ± 0.02	0.40 ± 0.02	380 ± 20
<i>P. nigra var. italica</i>	0.67 ± 0.08	0.37 ± 0.01	0.35 ± 0.01	310 ± 10
<i>P. alba</i>	0.68 ± 0.03	0.42 ± 0.02	0.40 ± 0.02	360 ± 20
<i>P. alba</i> × <i>landulosa</i>	0.67 ± 0.02	0.44 ± 0.02	0.42 ± 0.02	370 ± 10
<i>P. maximowiczii</i>	0.66 ± 0.02	0.45 ± 0.02	0.44 ± 0.03	380 ± 20
<i>P. koreana</i>	0.66 ± 0.01	0.40 ± 0.00	0.38 ± 0.00	350 ± 10
<i>P. davidiana</i>	0.65 ± 0.02	0.47 ± 0.01	0.45 ± 0.01	390 ± 10

Note : M ± S. D.

Table 4. Shrinkage

Species	Green to oven dry (%)			Ratio of radial to tangential
	Radial	Tangential	Longitudinal	
<i>P. euramericana</i> I-214	2.49 ± 0.33	7.58 ± 1.10	0.29 ± 0.12	3.04
<i>P. euramericana</i> I-476	2.65 ± 0.66	7.64 ± 1.09	0.36 ± 0.14	2.76
<i>P. deltoides</i>	2.81 ± 0.44	7.88 ± 0.83	0.40 ± 0.21	2.81
<i>P. nigra var. italica</i>	2.54 ± 0.42	7.15 ± 0.70	0.33 ± 0.13	2.82
<i>P. alba</i>	2.85 ± 0.42	8.64 ± 0.66	0.37 ± 0.22	3.03
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	3.03 ± 0.25	8.81 ± 0.76	0.25 ± 0.10	2.91
<i>P. maximowiczii</i>	2.56 ± 0.66	8.24 ± 0.78	0.42 ± 0.16	3.22
<i>P. koreana</i>	2.76 ± 0.53	8.22 ± 0.61	0.35 ± 0.11	2.98
<i>P. davidiana</i>	3.46 ± 0.44	7.50 ± 0.36	0.49 ± 0.10	2.17

Species	Green to air dry(%)			Unit Shrinkage		
	Radial	Tangential	Longitudinal	Radial	Tangential	Longitudinal
<i>P. euramericana</i> I-214	1.52±0.52	5.16±0.92	0.18±0.09	0.07±0.03	0.19±0.03	0.20±0.00
<i>P. euramericana</i> I-476	1.71±0.49	5.21±0.85	0.27±0.14	0.06±0.03	0.20±0.03	0.02±0.01
<i>P. deltoides</i>	1.46±0.46	5.01±1.13	0.11±0.08	0.10±0.01	0.24±0.04	0.02±0.01
<i>P. nigra var.italica</i>	1.38±0.50	4.43±0.93	0.11±0.06	0.08±0.01	0.20±0.06	0.02±0.00
<i>P. alba</i>	1.65±0.53	5.42±0.64	0.12±0.08	0.11±0.04	0.23±0.04	0.02±0.01
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	1.53±0.31	6.25±0.79	0.10±0.07	0.10±0.02	0.22±0.05	0.02±0.00
<i>P. maximowiczii</i>	1.33±0.34	5.21±1.23	0.19±0.13	0.11±0.04	0.26±0.04	0.02±0.01
<i>P. koreana</i>	1.27±0.38	5.24±1.32	0.10±0.07	0.12±0.02	0.28±0.03	0.02±0.00
<i>P. davidiana</i>	1.07±0.32	6.19±0.65	0.11±0.07	0.12±0.03	0.23±0.02	0.02±0.01

Note : M ± S. D.

를 나타내었다.

포푸라재의 수축율은 비중에 비하여 일반 활엽수보다 컸었는데 이는 Kennedy (1965)가 조사한 s-specific shrinkage는 일반활엽수는 29.8% 인데 비하여 포푸라재가 34.4% 임을 보고한 결과와⁽¹⁷⁾ 일치된다. 또한 포푸라재는 축단과 경단간의 수축율의 비는 다른 수종에 비하여 대단히 컸었다. 이

는 Kennedy가 조사한 축단과 경단과의 수축율의 비에 있어서 피나무는 1.4에 비하여 포푸라는 2.2 임을 밝힌 바와 같이⁽¹⁷⁾ 수축 이방성이 컸다. 따라서 포푸라재는 건조할 때 건조 결함이 유발될 염려가 큰 수종인 바 가공 이용에 있어서 치수 안정화가 요구 될뿐만 아니라 건조시에 주의를 요하고 있다.

Table 5. absorption and absorption of water

Species	Absorption 24 hr. (g/cm^2)			Absorption of water (g/cm^2)		
	Radial section	Tangential section	Cross section	Radial section	Tangential section	Cross section
<i>P. euramericana</i> I-214	0.010 ± 0.003	0.011 ± 0.003	0.033 ± 0.014	0.08 ± 0.03	0.11 ± 0.03	0.49 ± 0.16
<i>P. euramericana</i> I-476	0.011 ± 0.003	0.011 ± 0.002	0.030 ± 0.012	0.06 ± 0.01	0.09 ± 0.04	0.38 ± 0.12
<i>P. deltoides</i>	0.012 ± 0.002	0.014 ± 0.002	0.037 ± 0.012	0.07 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.32 ± 0.07
<i>P. nigra var. italica</i>	0.010 ± 0.003	0.012 ± 0.002	0.032 ± 0.008	0.06 ± 0.02	0.07 ± 0.03	0.28 ± 0.12
<i>P. alba</i>	0.011 ± 0.001	0.011 ± 0.001	0.032 ± 0.003	0.06 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.38 ± 0.12
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	0.010 ± 0.002	0.010 ± 0.002	0.029 ± 0.011	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.38 ± 0.12
<i>P. maximowiczii</i>	0.009 ± 0.001	0.011 ± 0.001	0.028 ± 0.004	0.06 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.43 ± 0.16
<i>P. koreana</i>	0.010 ± 0.002	0.011 ± 0.001	0.027 ± 0.010	0.07 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.41 ± 0.08
<i>P. davidiana</i>	0.012 ± 0.001	0.012 ± 0.001	0.033 ± 0.007	0.07 ± 0.00	0.07 ± 0.01	0.31 ± 0.06

Note : M ± S.D.

라. 흡수량과 흡수성

포푸라재의 경단면 축단면 및 횡단면의 흡수량과 흡수성은 Table 5와 같다. 흡수량은 경단면에서 0.06 ~ 0.08 g/cm^2 범위에 있고 이태리포푸라 I-476 양버들, 은백양, 은수원사시나무 및 황철나무는 0.06 g/cm^2 로서 가장 적었다. 축단면의 흡수량은 0.07 ~ 0.11 g/cm^2 범위에 있고 이태리포푸라 I-476 이 0.11 g/cm^2 로서 가장 크고 양버들, 은수원사시나무, 사시나무가 0.07 g/cm^2 로서 가장 적었다.

횡단면의 흡수량은 0.31 ~ 0.49 g/cm^2 범위에 있고 이태리포푸라 I-214가 0.49 g/cm^2 로서 가장 크고 사시나무가 0.31 g/cm^2 로서 가장 적다. 방향별 흡수량은 횡단면이 가장 크고 경단면이 가장 적다.

흡수성에 있어서 경단면의 흡수성은 0.0009 ~ 0.012 g/cm^2 범위에 속하고 황철나무가 0.009 g/cm^2 로서 가장 적고 미류나무와 사시나무가 0.012로서 가장 컸다. 축단면의 흡수성은 0.010 ~ 0.014 g/cm^2 범위에 있고 미류나무는 0.014 g/cm^2 로서 가장 크며 기타 수종은 수종간의 별차이가 없이 0.010 ~ 0.012 g/cm^2 범위에 있다. 횡단면의 흡수성은 0.027 ~ 0.037 g/cm^2 범위에 있고 미류나무가 0.037 g/cm^2 로서 가장 컸다. 방향별 흡수성은 횡단면이

가장 크고 경단면이 가장 적다. 흡수량과 흡수성은 수종별로 각각 상이하며 일반적으로 흡수량은 비중이 큰 수종일수록 작았으며 흡수성은 비중이 큰 수종일수록 오히려 큰 경향을 나타내고 있다. 그러나 흡수량과 흡수성을 좌우하는 인자인 조직내의 진층조직의 존재에 따라 크게 달라진다.

흡수량과 흡수성에 대한 연구는 별로 행하여져 있지 않으나 Stone (1956)에 의하면 Trembling aspen의 심재는 다른 수종에 비하여 공기의 투과가 어려움을 밝혔다⁽³³⁾. 앞으로 포푸라재의 비중과 진층조직에 따른 흡수량과 흡수성은 더 연구되어야 할 것이다.

4.3. 기계적성질

가. 압축강도

포푸라재의 종압축강도 횡압축강도 및 부분압축강도는 Table 6과 같다.

종압축강도는 298 - 490 kg/cm^2 범위에 있고 수종간의 강도 차이는 대단히 컸다.

이태리포푸라 I-476은 298 kg/cm^2 로서 가장 적으며 사시나무는 490 kg/cm^2 로서 가장 크다.

종압축강도는 비중이 클수록 증가하는 경향이 두

Table 6. Compressive strength

Species	Endwise compression			Sidewise compression			Partial compression		
	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Strength (kg/cm^2)	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Strength (kg/cm^2)	Width of annual ring (mm)	Specific gravity	Strength (kg/cm^2)
<i>P. euramericana</i> I-214	9.0	0.34	317 ± 64	9.2	0.33	40. ± 6.9	11.6	0.34	62.4 ± 7.9
<i>P. euramericana</i> I-476	9.5	0.33	298 ± 30	16.6	0.34	45. ± 6.6	12.1	0.34	68.6 ± 10.2
<i>P. deltoides</i>	8.8	0. 0	370 ± 40	12.1	0.39	41. ± 6.2	10.7	0.40	73.4 ± 10.7
<i>P. nigra var. italice</i>	9.0	0.36	335 ± 29	12.6	0.35	41. ± 5.7	10.1	0.36	69.4 ± 9.2
<i>P. alba</i>	9.0	0.44	379 ± 76	26.2	0.44	70. ± 10.9	16.0	0.45	94.9 ± 17.9
<i>P. alba × landulosa</i>	10.3	0.45	421 ± 14	17.1	0.45	63. ± 7.6	15.5	0.45	102.2 ± 10.7
<i>P. maximowiczii</i>	3.8	0.43	423 ± 48	5.0	0.44	44. ± 14.6	4.6	0.43	76.7 ± 10.5
<i>P. koreana</i>	3.9	0.39	375 ± 32	5.2	0.38	34. ± 7.5	4.9	0.40	68.1 ± 9.2
<i>P. davidiaa</i>	4.2	0.47	490 ± 11	4.1	0.47	56. ± 10.4	4.5	0.46	97.1 ± 14.6

Note : M ± S.D.

렸하였으나 연륜폭의 크기와는 일정한 관계가 나타나지 않았다.

Sigeo (1965) 와 Kennedy (1965)가 조사한 비중과 압축강도와와의 관계에서 기건비중이 클수록 압축강도는 증가한다는 시험결과와 일치하고 있다.^(29, 17). 동일 수종내에서도 개체간의 강도 분포는 그 차이가 심하였는데 특히 사시나무와 은수원사시나무는 개체간의 강도분포가 균일하였고 이태리포푸라 I-214, 은백양은 강도분포가 넓게 나타났다.

본 시험의 결과를 고찰해 볼때 Giordano는 이태리포푸라 I-214가 265 kg/cm^2 이태리포푸라 I-476이 312 kg/cm^2 로 보고하여⁽¹⁾본 시험의 결과와 상치되고 있으나 이는 공시재의 비중 차이에 기인된 것으로 생각된다.

Sigeo가 조사한 미류나무의 종압축강도는 336 kg/cm^2 이고 양버들의 종압축강도는 Sigeo가 265 kg/cm^2 , Melcilo Cemerikic이 257 kg/cm^2 , Kubiisky는 303 kg/cm^2 , Vorreiter가 300 kg/cm^2 Kollmann이 350 kg/cm^2 로 각각 보고 되어 있고^(29, 1)은백양의 종압축강도는 Kubiisky가 360 kg/cm^2 , Vorreiter는 340 kg/cm^2 로서⁽²⁹⁾ 각 시험자 마다 보고치가 상이하였다. 이는 산지나 기타 시험방법에 의한 차이도 있겠지만 주로 공시재의 비중 차이에 기인된 것으로 생각된다.

Kennedy가 조사한 포푸라재의 종압축 형질상은 일반 활엽수에 비하여 적음을 보고한 바 있다⁽¹⁷⁾. 이

는 포푸라재가 다른 활엽수재 보다 단위비중당 목재의 강도가 약함을 의미하는 것이다.

또한 포푸라재의 횡압축강도는 34 ~ 70 kg/cm^2 범위에 있고 수종간의 차이는 대단히 적으며 개체간의 차이도 비교적 적다. 은백양은 70 kg/cm^2 로서 가장 컸고 물황철나무는 38 kg/cm^2 로서 대단히 적다. 물황철나무는 비중에 비해 대단히 약한데 이는 도관경이 큰 원인이 아닌가 생각된다.

부분압축강도는 62 ~ 102 kg/cm^2 범위에 있고 은수원사시나무가 102 kg/cm^2 로서 가장 크며 이태리포푸라 I-214 62 kg/cm^2 로서 가장 적다.

횡압축강도와 부분압축강도는 비중이 클수록 일반적으로 증가하는 경향을 나타내고 있으며 포푸라재 횡압축강도와 부분압축강도에 대한 보고는 거의 없다.

나. 인장강도

포푸라재의 종인장강도와 횡인장강도는 Table 7과 같다.

포푸라재의 종인장강도는 532 - 1180 kg/cm^2 범위에 있고 수종간의 차이는 대단히 컸다. 이태리포푸라 I-476이 532 kg/cm^2 로서 가장 적고 사시나무는 1180 kg/cm^2 로서 가장 컸는데 이태리포푸라와 양버들은 대단히 약한편이고 사시나무, 물황철나무, 황철나무, 은수원사시나무 및 은백양은 강한 편이다.

Table 7. Tensile strength

Species	Tension paralld to grain			Tension perpendicular to grain		
	width of annual ring(mm)	specific gravity	Strength (kg/cm ²)	width of annual ring(mm)	specific gravity	strength (kg/cm ²)
<i>P. euramericana</i> I-214	10.7	0.37	563 ± 104	10.6	0.35	44.9 ± 9.8
<i>P. euramericana</i> I-476	9.8	0.36	532 ± 162	11.7	0.35	46.5 ± 10.8
<i>P. deltooides</i>	10.0	0.41	708 ± 166	11.3	0.40	46.8 ± 13.1
<i>P. nigra var. italica</i>	10.3	0.37	567 ± 87	12.1	0.36	45.5 ± 11.1
<i>P. alba</i>	5.6	0.46	968 ± 107	9.7	0.44	54.0 ± 17.8
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	7.0	0.47	975 ± 206	11.4	0.46	55.0 ± 10.3
<i>P. maximowiczii</i>	4.1	0.44	970 ± 240	3.0	0.44	40.2 ± 10.3
<i>P. koreana</i>	3.6	0.42	978 ± 287	4.2	0.40	34.5 ± 10.3
<i>P. davidiana</i>	3.5	0.51	1180 ± 300	3.2	0.48	47.7 ± 11.9

Note : M ± S. D.

수종별 종인장 강도는 비중이 클수록 증가하였다. Sigeo가 조사한 미류나무의 종인장 강도는 903 kg/cm²이고,²⁹⁾ 양버들의 종인장 강도는 Sigeo가 569kg/cm², Vorreiter와 Kollmann은 모두 770 kg/cm²로 각각 보고하였으며¹⁾ 본 시험의 결과와 비교해 볼때 미류나무는 Sigeo의 측정치보다 적고 양버들은 Sigeo의 측정치와 비슷하다. 각 시험자간의 측정치의 차이는 주로 공시재의 비중 차이에 기인된 것으로 생각된다.

포푸라재의 종인장 비례한도는 410 ~ 631 kg/cm² 범위에 있고, 이태리 포푸라 I-214가 410 kg/cm²로 최소이며 은백양이 631 kg/cm²로 최대로 나타나고 있다. 또한 종인장 강도에 대한 종인장 비례한도의 백분율은 양버들이 80%로서 가장 크고, 물황

칠나무는 42%로서 가장 적다.

포푸라재의 종인장 영계수는 57,000 - 128,000 kg/cm² 범위에 있고 이태리 포푸라 I-214가 최소이고, 사시나무는 최대이다.

Sigeo는 미류나무의 종인장 영계수를 86 ton/cm², 양버들 61 ton/cm²로 보고 하였는데²⁹⁾ 본 시험의 결과와 비슷한 값을 나타내고 있다. 포푸라재의 횡인장 강도는 34 - 55 kg/cm² 범위에 있고 은수원 사시나무가 55 kg/cm²로서 최대이고, 물황칠나무는 34kg/cm²로서 대단히 적다. 횡인장 강도에 대한 연구는 거의 보고 되어 있지 않다.

다. 전단강도

포푸라재의 경단방향과 축단방향의 전단강도는 Table 8과 같다. 경단방향의 전단강도는 76 - 100 kg/cm²

Table 8. Shear strength

Species	Radial			Trangential		
	width of annual ring (mm)	strength (kg/cm ²)	specific gravity	width of annual ring (mm)	specific gravity	strength (kg/cm ²)
<i>P. euramericana</i> I-214	8.5	0.33	82 ± 15	8.6	0.33	95 ± 17
<i>P. euramericana</i> I-476	9.3	0.31	76 ± 15	8.7	0.31	90 ± 19
<i>P. deltooides</i>	9.0	0.39	94 ± 12	8.5	0.39	118 ± 14
<i>P. nigra var. italica</i>	9.2	0.35	86 ± 12	9.1	0.35	100 ± 12
<i>P. alba</i>	5.9	0.37	86 ± 11	6.9	0.36	109 ± 12
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	10.9	0.39	96 ± 15	8.5	0.40	129 ± 9
<i>P. maximowiczii</i>	3.6	0.41	95 ± 12	3.5	0.41	105 ± 12
<i>P. koreana</i>	4.2	0.36	78 ± 3	4.2	0.36	84 ± 77
<i>P. davidiana</i>	3.9	0.41	100 ± 10	3.9	0.41	117 ± 18

Note : M ± S. D.

범위에 있고 이태리 포푸라 I-476이 76 kg/cm^3 로서 가장 적고 사시나무는 100 kg/cm^3 로서 가장 크다.

축단방향의 전단강도는 $90 - 129 \text{ kg/cm}^2$ 범위에 있고 이태리 포푸라 I-476이 90 kg/cm^2 로서 가장 적고 은수원사시나무가 129 kg/cm^2 로서 가장 컸다. 전단강도는 일반적으로 비중이 큰 수종일수록 증가하였으며 축단방향의 전단강도는 경단방향의 전단강도보다 컸다. 방향별 전단강도의 차이는 물황철나무를 제외한 모든 수종은 고도의 유의성을 나타내고 있었다. 포푸라재의 전단강도에 대한 연구는 거의 보고되어 있지 않다.

라. 휨강도

포푸라재의 휨강도는 Table 9와 같다. 휨강도는 $604 - 959 \text{ kg/cm}^2$ 범위에 있고 수종별로 차이가 심하며 일반적으로 비중이 큰 수종일수록 휨강도는 크다. 이는 Giordano가 보고한 기건비중과 휨강도와의 관계에서 비중이 클수록 휨강도가 증가한다는 보고와 일치하고 있다.

양버들은 604 kg/cm^2 로서 가장 적으며 사시나무는 959 kg/cm^2 로서 가장 크다.

Giordano가 조사한 휨강도는 이태리 포푸라 I-214가 570 kg/cm^2 , 이태리 포푸라 I-476이 633 kg/cm^2 이고¹⁾ Sigeo가 조사한 휨강도는 미류나무가 594 kg/cm^2 , 양버들이 479 kg/cm^2 ²⁾ 또한 양버들의 휨강도는 Melcilo Cemerikic는 425 kg/cm^2 , Kubinsky는 530 kg/cm^2 , Vorreiter는 550 kg/cm^2 , Kollmann은 650 kg/cm^2 로 각각 보고하였다.²⁾ 은백양의 휨강도는 Kubinsky가 653 kg/cm^2 , Vorreiter

는 550 kg/cm^2 로 각각 보고하였다.¹⁾ 이태리 포푸라의 휨강도는 Giordano의 조사치와 다소 상치되고 있으나 이는 공시재의 비중의 차이에 기인된 것으로 생각되고 양버들과 은백양의 휨강도는 보고자에 따라 각각 상이한 점과 본 시험의 결과와 일치되지 않는 점등은 공시재의 비중과 시험방법 등의 차이에 기인된 것으로 생각된다.

포푸라재의 휨비례한도는 $463 - 718 \text{ kg/cm}^2$ 범위에 있고 양버들이 463 kg/cm^2 로서 가장 적고, 황철나무가 718 kg/cm^2 로서 가장 크다.

휨영계수는 $74,000 - 126,000 \text{ kg/cm}^2$ 범위에 있고, 이태리 포푸라 I-476이 가장 적고, 사시나무가 가장 크다. Sigeo가 조사한 휨영계수는 미류나무가 $83,000 \text{ kg/cm}^2$, 양버들이 $61,000 \text{ kg/cm}^2$ 였고²⁾ 또한 양버들의 휨영계수는 Melcilo Cemerikic이 86 ton/cm^2 , Vorreiter와 Kollmann은 88 ton/cm^2 로 보고하였다.²⁾ 보고자에 따라서도 다소의 차이가 있듯이 본 시험의 결과도 비슷하였다. 포푸라재의 휨강도와 휨영계수는 일반 활엽수보다 떨어지고 있으나 형질상은 별 차이가 없는데 이는 Kennedy가 보고한 결과와 일치하고 있다.¹⁾

마. 활열강도

포푸라재의 경단방향과 축단방향의 활열강도는 Table 10과 같다.

경단방향의 활열강도는 $17 \sim 23 \text{ kg/cm}^2$ 범위에 있고 황철나무는 17 kg/cm^2 로서 가장 적고, 사시나무는 23 kg/cm^2 로서 가장 크다.

축단방향의 활열강도는 $13 - 26 \text{ kg/cm}^2$ 범위에 있고 물황철나무는 13 kg/cm^2 로서 대단히 적었고, 미

Table 9. Bending strength

species	width of annual ring (mm)	specific gravity	Fiber stress at proportional limit (kg/cm^2)	Rupture modulus (kg/cm^2)	Young's modulus (10 kg/cm^2)
<i>P. euramericana</i> I-214	9.6	0.35	504	656 ± 113	75 ± 11
<i>P. euramericana</i> I-476	10.7	0.34	488	675 ± 91	74 ± 10
<i>P. deltooides</i>	10.5	0.42	558	736 ± 101	96 ± 14
<i>P. nigra</i> var. <i>italica</i>	11.0	0.37	463	604 ± 34	76 ± 5
<i>P. alba</i>	8.5	0.42	577	848 ± 74	106 ± 12
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	11.3	0.43	573	855 ± 51	99 ± 8
<i>P. maximowiczii</i>	3.7	0.42	718	886 ± 130	108 ± 17
<i>P. koreana</i>	4.2	0.39	564	745 ± 54	102 ± 16
<i>P. davidiana</i>	3.7	0.45	693	959 ± 120	126 ± 13

Note: $M \pm S. D.$

Table 10. Cleavage

Species	Radial			Tangential		
	width of annual ring (mm)	specific gravity	Cleavage (kg/cm)	width of annual ring (mm)	specific gravity	Cleavage (kg/cm)
<i>P. euramericana</i> I-214	10.2	0.36	21 ± 3	10.4	0.35	25 ± 5
<i>P. euramericana</i> I-476	10.1	0.34	21 ± 5	10.6	0.34	24 ± 4
<i>P. deltoides</i>	10.6	0.41	19 ± 5	11.0	0.41	26 ± 5
<i>P. nigra var. italica</i>	11.3	0.37	18 ± 3	12.2	0.37	22 ± 4
<i>P. alba</i>	8.8	0.41	17 ± 2	8.5	0.40	20 ± 5
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	9.7	0.43	18 ± 1	10.8	0.44	26 ± 7
<i>P. maximowiczii</i>	4.2	0.44	17 ± 3	3.9	0.44	18 ± 5
<i>P. koreana</i>	4.2	0.40	19 ± 2	4.3	0.41	12 ± 4
<i>P. davidiana</i>	3.9	0.46	23 ± 4	3.7	0.45	20 ± 3

Note : M ± S. D.

류나무와 은수원사시나무는 26 kg/cm로서 가장 크다. 수종간의 활열강도는 별 차이가 없으며, 방향별 활열강도는 축단방향이 경단방향 보다 크다.

은백양, 황철나무 및 사시나무를 제외한 모든 수종은 축단방향을 활열강도가 경단방향을 활열강도보다 유의적으로 컸었다. Sigeo가 조사한 활열강도는 미류나무가 37 kg/cm, 양버들이 32 kg/cm였고²⁹⁾, Kubinsky가 은백양의 활열강도는 78 kg/cm로 보고하였다.²⁹⁾

본 시험의 활열강도는 Sigeo와 Kubinsky의 보고치 보다 다소 적은 값을 나타내고 있다. 활열강도와 비중과는 별 관계가 성립되지 않고 있었다.

바. 충격흡수에너지

포푸라재의 충격흡수에너지를 Table 11과 같이 0.33 ~ 0.67 kg·m/cm² 범위에 있고 이태리포푸라 I-476이 0.33 kg·m/cm²로서 가장 적고, 은수원사시나무와 사시나무는 0.67 kg·m/cm²로서 가장 컸다. 수종간의 충격흡수에너지의 차이는 대단히 컸으며, 비중이 큰 수종일수록 큰 값을 나타내고 있다. Sigeo가 조사한 충격흡수에너지는 미류나무가 0.54 kg·m/cm², 양버들이 0.43 kg·m/cm²였고²⁹⁾ Gotze는 은백양의 충격흡수에너지는 0.71 kg·m/cm²로 보고하였다.²⁹⁾ 또한 양버들의 충격흡수에너지는 Pally는 0.48 m/cm², Vorreiter와 Kollmann은 0.50으로 보고하였다.²⁹⁾ 본 시험의 결과는 이들이 조사한 것보다 다소 작은 값을 나타내고 있다.

사. 못인발 저항

Table 11. Impact bending absorbed energy

Species	width of annual ring (mm)	specific gravity	absorbed energy (kg·m/cm ²)
<i>P. euramericana</i> I-214	9.3	0.34	0.34±0.09
<i>P. euramericana</i> I-476	9.1	0.34	0.33±0.08
<i>P. deltoides</i>	8.5	0.40	0.46±0.12
<i>P. nigra var. italica</i>	11.0	0.36	0.34±0.07
<i>P. alba</i>	10.4	0.41	0.63±0.15
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	9.3	0.43	0.67±0.15
<i>P. maximowiczii</i>	4.0	0.44	0.63±0.12
<i>P. koreana</i>	3.6	0.40	0.52±0.15
<i>P. davidiana</i>	3.6	0.47	0.67±0.20

Note : M ± S. D.

포푸라재의 경단면, 축단면 및 횡단면의 못인발 저항은 Table 12와 같다.

경단면의 못인발 저항은 11 ~ 30 kg/cm 범위에 있으며 수종별로 차이가 대단히 심하다. 이태리포푸라 I-214는 11 kg/cm로서 최소이고, 사시나무는 30 kg/cm로서 최대이다. 축단면의 못인발 저항은 13 ~ 27 kg/cm 범위에 있고, 이태리포푸라 I-214가 13 kg/cm로서 최소이고, 은수원 사시나무가 27 kg/cm로서 최대이다.

횡단면의 못인발 저항은 9 ~ 14 kg/cm 범위에 있

고 이태리 포푸라 I-214가 9 kg/cm 로서 최소이고 은수원사시나무가 15 kg/cm 로서 최대인데 수종간에는 큰 차이를 나타내지 않고 있다. 일반적으로 비중이 큰 수종일수록 못인발 저항은 컸으며, 단면별 못인발 저항은 축단면이 가장 크고 경단면은 횡단면보다 더 크다. Sigeo가 조사한 일본산 포푸라재의 못인발 저항은 미류나무의 경우 경단면은 22.19 kg/cm , 축단면은 23.95 kg/cm , 횡단면은 11.79 kg/cm 이며

양버들의 경우 경단면은 10.02 kg/cm , 축단면은 13.72 kg/cm , 횡단면은 8.73 kg/cm 이다.²⁹⁾ 본 시험의 결과와 비교할 때 미류나무의 못인발 저항은 서로 비슷하였으나 양버들의 못인발 저항은 Sigeo가 조사한 것보다 약간 큰 값을 나타내고 있는데 이는 본 시험의 공시재의 비중이 일본산 양버들 보다 약간 큰데 기인된 것으로 생각된다.

Table. 12. Nail withdrawal resistance

Species	width of Annual ring (mm)	specific gravity	Nail withdrawal resistance (kg/cm)		
			Radial	Tangential	Cross
<i>P. euramericana</i> I-214	12.3	0.34	11.0 ± 3.2	13.5 ± 3.5	9.1 ± 3.5
<i>P. euramericana</i> I-476	12.6	0.34	13.5 ± 2.8	14.7 ± 3.1	10.0 ± 1.7
<i>P. deltoides</i>	10.7	0.40	20.8 ± 5.1	21.0 ± 5.5	11.6 ± 8.2
<i>P. nigra</i> var. <i>italica</i>	12.2	0.36	14.6 ± 3.6	15.4 ± 3.0	10.8 ± 2.0
<i>P. alba</i>	7.6	0.42	25.7 ± 4.0	26.2 ± 5.1	13.0 ± 2.3
<i>P. alba</i> × <i>glandulosa</i>	9.6	0.43	28.2 ± 3.8	27.1 ± 2.1	15.7 ± 3.0
<i>P. maximowiczii</i>	4.3	0.44	27.8 ± 7.8	23.7 ± 6.7	13.0 ± 2.5
<i>P. koreana</i>	4.6	0.41	22.3 ± 5.1	21.4 ± 3.7	11.0 ± 2.2
<i>P. davidiana</i>	3.8	0.48	30.9 ± 6.4	24.2 ± 4.2	14.2 ± 1.9

Note : M ± S. D.

5. 적 요

우리나라산 포푸라속인 이태리 포푸라 I-214, I-476, 미류나무, 양버들, 은수원사시나무, 황철나무, 물황철나무, 사시나무 등 9수종의 포푸라재에 대한 해부학적 성질, 물리적 성질, 기계적 성질을 구명하여 포푸라재의 재질비교, 적정이용도, 목재가공 및 재질개량 등의 기초자료로 활용하기 위하여 실시되었다.

1. 포푸라재의 연륜폭은 $3.5 \sim 12.6\text{ mm}$ 범위에 있고 수종별 연륜폭의 차이는 대단히 심하고 수고부위가 높아짐에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며 시험결과는 Fig. 2와 같다.

2. 포푸라재의 변재폭은 $3.6 \sim 8.6\text{ cm}$, 변재율은 $64 \sim 94\%$, 심재지름은 $4 \sim 18\text{ cm}$ 범위에 있으며, 수종별로 변재폭, 심재지름, 변재율은 각각 상이하고 수고부위별에 따른 변재폭의 변이는 수고가 높아짐에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며 시험결과는 Table 2와 같다.

3. 포푸라재의 수피율은 $9.0 \sim 15.8\%$ 범위에 있고, 수종별로 차이가 심하다.

4. 포푸라재의 섬유장은 $0.920 \sim 1.161\text{ mm}$, 섬유폭은 $24 \sim 29\mu$, 섬유장과 섬유폭의 비는 $37 \sim 43$ 범위에 있으며 수종별로 각각 상이 하였다.

섬유장과 섬유폭의 변이는 수심에서 수피로 향하여 증대하였으며 또한 섬유장은 수고부위가 높아짐에 따라 감소하였으나 섬유폭은 수고부위에 따라 일정한 경향을 나타내지 않았으며 시험결과는 Fig. 4-1 ~ 4-2와 같다. 포푸라재의 섬유막 두께는 $1.6 \sim 2.3\mu$ 범위에 있으며 수종별로 다소 차이가 있다.

5. 포푸라재의 도관의 직경은 경단방향에서 $86 \sim 120\mu$, 축단방향에서 $58 \sim 77\mu$ 범위에 있으며 시험결과는 Table 3과 같다.

6. 포푸라재의 생재함수율은 $82 \sim 129\%$ 범위에 있으며 심재는 변재보다 함수율이 높고 수고부위별에 따른 생재함수율의 변이는 일반적으로 수고가 높아짐에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며 시험결과는 Fig. 5-1과 같다.

7. 포푸라재의 생재비중은 0.64-0.69, 기건비중은 0.35-0.47, 전건비중은 0.33-0.45, 용적밀도수는 290-390 kg/cm^3 범위에 있고 수종별로 각각 상이하며 시험결과는 Table 4 와 같다.

8. 포푸라재의 전수축율은 축단방향에서 7.15-8.81%, 경단방향에서 2.49-3.46%, 섬유방향에서 0.25-0.49%이었고 기건수축율은 축단방향에서 0.19-0.28%, 경단방향에서 0.06-0.12%, 섬유방향에서 0.02%로 수종별로 상이하며 비중이 큰 수종일수록 크고 축단과 경단과의 수축율의 비는 2.17-3.04였으며 시험결과는 Table 4 와 같다.

9. 포푸라재의 흡수량은 경단면에서 0.06-0.08 g/cm^2 , 축단면에서 0.07-0.11 g/cm^2 , 횡단면이 0.31-0.49 g/cm^2 로 방향별 흡수량은 횡단면이 가장 크고 경단면이 가장 적다.

흡습성은 경단면이 0.009-0.012 g/cm^2 , 축단면이 0.010-0.014 g/cm^2 , 횡단면이 0.027-0.037 g/cm^2 로 방향별로는 횡단면, 축단면, 경단면 순이고 수종별 흡수량과 흡습성은 상이하며 시험결과는 Table 5 와 같다.

10. 포푸라재의 종압축강도는 298-490 kg/cm^2 , 횡압축 강도는 34-70 kg/cm^2 , 부분압축강도는 62-102 kg/cm^2 로 수종별로 차이가 있으며, 비중이 큰 수종일수록 증가하는 경향을 나타내었으며, 시험결과는 Table 6 과 같다.

11. 포푸라재의 종인장 강도는 532-1180 kg/cm^2 로 수종간에 차이가 대단히 컸고, 비중이 클수록 종인장 강도가 증가하며 횡인장 강도는 34-55 kg/cm^2 범위에 있고 시험결과는 Table 7 과 같다.

12. 포푸라재의 전단강도는 경단방향이 76-100 kg/cm^2 , 축단방향이 90-129 kg/cm^2 범위에 있고 일반적으로 비중이 큰 수종일수록 증가 하였으며 축단방향이 경단방향보다 컸다. 시험결과는 Table 8 과 같다.

13. 포푸라재의 휨강도는 604-959 kg/cm^2 의 범위에 있으며 수종별로 차이가 심하였으며 일반적으로 비중이 큰 수종일수록 휨강도는 컸다. 시험성적은 Table 9 와 같다.

14. 포푸라재의 활열강도는 경단방향이 17-23 kg/cm , 축단방향이 13-25 kg/cm 의 범위에 있고, 수종간의 활열강도는 별 차이가 없으며 방향별로는 축단방향이 경단방향보다 컸으며 시험성적은 Table 10 과 같다.

15. 포푸라재의 충격흡수에너지는 10.33-0.67 kg/cm^2 의 범위에 있고 수종간에 충격흡수에너지의 차이는 대단히 컸고 비중이 큰 수종일수록 컸으며 시험성적

은 Table 11 과 같다.

16. 포푸라재의 못인발 저항은 경단방향이 11-30 kg/cm , 축단방향이 13-27 kg/cm , 횡단방향이 9-14 kg/cm 로 수종간에는 큰 차이가 없었는데 단면별로는 축단면이 가장 크고 경단면, 횡단면 순으로 일반적으로 비중이 큰 수종일수록 못인발 저항은 컸다. 시험성적은 Table 12 와 같다.

Summary

This study is carried out to obtain the data on anatomical, physical and mechanical properties of *populus* wood 9 species for the reasonable utilization of poplar wood. From the results of these tests, several conclusion can be drawn as follows.

1. The average width of annual ring range from about 3.5 to 12.6 millimeters. The variation of annual ring width with height in a tree decrease slightly from the bottom level of the trunk to the top level. These results are given in the Figure. 2.
2. The width of sapwood ranges from about 3.6 to 8.6 centimeters, Sapwood proportion range from about 64 to 94 percent, Heartwood diameter range from about 4 to 18 centimeters. As a general rule, the variation of sapwood width with height in a tree decrease gradually from the bottom level of the trunk to the top level. These results are given in the Table 2.
3. Bark proportion range from about 9.0 to 15.8 percent.
4. Fiber length range from about 0.92 to 1.161 millimeter. Fiber width range from about 24 to 29 micron, the ratio of fiber length to fiber width range from 37 to 43. Radial variation of fiber length and fiber width in wood at one level in the trunk increase considerably from pith to outer. Variation of fiber length with height in a tree decrease from the bottom level of the trunk to the top level. These results are given in the Figure from 4-1 to 4-2. The thickness of cell wall range from 1.6 to 2.3 micron.
5. The diameter of vessel range from 86 to 120 micron in radial direction and range from 58 to 77 micron in tangential direction. These results are given in the Table 3.

6. Moisture content in the fresh cut condition range from 82 to 129 percent. Variation of moisture content with height in a tree decrease from the bottom level of the trunk to the top level. These results are given in the Figure. 5-1.
7. Specific gravity in the green condition range from 0.64 to 0.69, Specific gravity in the oven dry condition range from 0.33 to 0.45 and basic density range from 290 to 390 Kilogram per cubic meters. These results are given in the Table 4.
8. Tangential shrinkage from the green to the oven dry condition range from 7.15 to 8.81 percent, radial shrinkage from 2.49 to 3.46 percent, longitudinal shrinkage from 0.25 to 0.49 percent respectively. Unit shrinkage range from 0.19 to 0.28 percent in the tangential direction, and 0.06 to 0.12 percent in the radial direction and 0.02 percent in the longitudinal direction. The ratio of tangential shrinkage to radial shrinkage appears from 2.17 to 3.04. In general, the degree of shrinkage is proportional to the specific gravity of wood. These results are given in the Table 4.
9. Absorption of water range 0.06 to 0.08 gram per square centimeter in the radial face, and range from 0.07 to 0.11 gram per square centimeter in the tangential face and range from 0.31 to 0.49 gram per square centimeter in the cross face. Absorption of vapour range from 0.009 to 0.012 gram per square centimeter in the radial face and range from 0.10 to 0.014 gram per square centimeter in the tangential face and range from 0.027 to 0.037 gram per square centimeter in the cross face. These results are given in the Table 5.
10. Compressive strength parallel to the grain range from 298 to 490 kilogram per square centimeter, Compressive strength perpendicular to the grain range from 34 to 70 kilogram per square centimeter and partial compressive strength range from 62 to 102 kilogram per square centimeter. In general, the greater the specific gravity of poplar wood, the greater it grows in strength. These results are given in the Table 6.
11. Tensile strength parallel to the grain range from 532 to 1180 kilogram per square centimeter, tensile strength perpendicular to the grain range from 34 to 55 kilogram per square centimeter. These results are given in the Table 7.
12. Shear strength range from 76 to 100 kilogram per square centimeter in the radial face, and range from 90 to 129 kilogram per square centimeter in the tangential face. Poplar wood is more resistant when the force is applied to tangential face than radial face. These results are given in the Table 8.
13. Bending strength range from 604 to 959 kilogram per square centimeter. These results are given in the Table 9.
14. Cleavage range from 17 to 23 kilogram per centimeter in the radial direction and range from 13 to 26 kilogram per centimeter in the tangential direction. These results are given in the Table 11.
15. Impact bending absorbed energy range from 0.33 to 0.67 kg. m per square centimeter. These results are given in the Table 11.
16. Nail with drawl range from 11 to 30 kilogram per centimeter in the radial face and range from 13 to 27 kilogram per centimeter in the tangential face and range from 9 to 14 kilogram per centimeter in the longitudinal face. These results are given in the Table 12.

Literature Cited

1. Anon. 1958. Poplars in forestry and land use. FAO Forest and Forestry products studies. No. 12, Rome
2. Boyce, S.G. and M. Kaeiser. 1961. Environmental and genetic variability in the length of fibers of eastern cotton wood. *Tappi* 44 (5): 363-366
3. Betts, H.S. 1945, 1946. Aspen (*Populus* wood). *American Woods*. 664391-45, 664185-45, 669979-46
4. Brown, H.P., A.J. Panshin and C.C. Forath. 1970. *Textbook of wood Technology Vol. I. II*
5. Buijtenen, J.P., Van, P.N. Joranson and D.W.

- Einspahr. 1958. Diploid versus triploid aspens pulpwood sources with reference to growth, chemical, physical and pulping differences. *Tappi* 41 (4): 170-175.
6. Chalk, L. and M.M. Chattaway. 1934. Measuring the length of vessel members. *tropical woods*. No. 40:19
 7. Cemerikic, M. 1963. Testing technological/physico-mechanical properties of native and introduced euramericana species of poplars and wilows. I.P.C.
 8. Chun, P.C. M.C. Lee and B.M. Jo. 1972. A study on the pulp manufacturing from Italian Poplar wood. *Academy*, Vol. XI
 9. Curro., P. 1955. La distribuzione dellumiditae e le variazioni del peso specifics nei fusti di pioppe, cellulosa e carta. Rome
 10. Gibbs, R. D. 1935. Studies of wood II On the water content of certain canadian trees. *Can. J. Res.* 12:727-741
 11. Griffisen, K. 1958. Researches on poplar wood in the Netherlands *Holzforschung* 11: 200-201
 12. Jayme, G. and M. Harders-Steinhauser. 1954. Durch Unterdruckung im engen Wachstumsverband hervorgerufene eigenschaftsanderungen junger Pappelholzer. *Holzals Roh-u. werks* 11 (1): 3-7
 13. Jo, J. M., S. G. Kang, K. H. Kim and B. J. Chung. 1972. Studies on the manufacturing of the laminated wood with poplar and larch. *F.R.I. Res. Rept. No. 19.*
 14. Johnson, V. 1942. Studies on the relation of growth rate to wood quality in populus hybrids. *Can. J. Res. (C)* 20: 28-40
 15. Jung H.S., H.Y. Park., J.M. Jo and C.S. Shim. 1972. Studies on properties and qualities of Korean common hardwoods. *R.R.I. Res. Rep. No. 19*
 16. Kaeiser, M. 1956. Variation in fiber length of eastern cotton wood. *U.S. For. Prod. Lab. Rept. No. 2047:6*
 17. Kennedy, E.I. 1965. Strength and related properties of woods grown in Canada. *Can. Dep. Forest. Rural. Develop. Publ. 1104. Ottawa:51*
 18. Kennedy, R.W. Anatomy and Fundamental wood properties of poplar. *Forest Pro. lab. D.F., R.D. Vancouver, British Columbia.*
 19. Kennedy, R.W. 1957. Fiber length of fast and slow glown black cotton wood. *Forest. chronicle* Vol. 33:46-50
 20. Kennedy, R.W. and J.H.G. Smith. 1959. The effects of some genetic and environmental factors on wood quality in poplar. *Pulp paper Mag. Can.* 59 (2): 37-48
 21. Lee, P.W. 1961. A study on the anatomical properties of populus woods grown in Korea.
 22. Liese, W. and M. Ammer. 1958. Investigation of wood fiber length in poplar. *CSIRO. Transl. No. 4205. From Holzforschung* 11(5/6): 169-174
 23. Markwardt, L.J. and T.R.C. Wilson. 1935. strength and related properties of woods grown in the United States. *U. S. Dep. Agr. Tech. Bull.* 479
 24. Meyer-wegelin, H. 1953. Poplar wood: properties and uses. transl. No. 63. *Can. Dep. Resources. Develop., Forest Prod. Lab. Div. From "Das Pappelbuch" D.H. Hesmer, ed. Bonn, 1951*
 25. Paul, B.H. 1956. Specific gravity of populus species and hybrid *U.S. Forest Prod.* 2060: 17
 26. Paul, B.H. 1963. The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood. *U.S. Dep. Agr. Forest Serv. Tech. Bull.* 1288: 97
 27. Ritter, G.J. and R.L. Hossfeld. 1947. Chemical utilization of aspen. *Lake states aspen report* No. 18
 28. Sacre, E. 1963. Relation between the physical and mechanical properties of the wood of poplar and thickness of annual rings, *Proc. IUPERO meeting, section 41. Madison, Wisc.*
 29. Sigeo, OI, H. Hirokazu and K. Nobutaka, 1965. Physical and mechanical properties of poplar. *Hokkaido Forest products Research Institute. Vol. 14. No. 160.*
 30. Sin, D.S. W.Y. Ahn. B.M. Jo., C.K. Man and C.S. Shim. 1971 Studies on the properties of

- mechanical pulp from Italian poplar wood (*Populus euramericana* L-476) by the age of tree. M.O.S.T.R.: 71-98
31. Son, D.S. and S.B. Chung. 1970. Fiber length and specific gravity of *populus alba* x *glandlosa* hybrid. Institute of Forest Genetics. Res. Rept. No. 8, Suwon, Korea
 32. Son, D.S. and S.B. Chung. 1972. The growth performance and specific gravity of hybrid poplar. Institute of Forest Genetics. Res. Rept. No. 9, Suwon, Korea
 33. Stone, J.E. 1956. The penetrability of wood. Pulp pap. Mag. Can. 57 (7): 139-145
 34. Thomas, G.P. 1966. Decay as a limiting factors on poplar utilization. The Industrial wood products seminar. Edmonton, Alberta.
 35. Wood Technological Association of Japan. 1948. Wood Industry, Vol. 3, No. 4
 36. Wilcox, J.R. and R.E. Farmer. 1968, Variation in fiber length of eastern cotton wood in the lower Mississippi Volley, Tappi. Vol. 51. No. 12: 575
 37. Yamabayashi, N. 1938. Identification of corean wood. Forest Experiment Station. Res. Rept. No. 27
 38. Yamabashi, N. 1957. The Anatomy of wood. Morikida publishing Co.
 39. Zobel. B., F. Henson and C. Webb. 1960. Estimation of certain wood properties of loblolly and slash pine trees from breast height sampling. Forest science. 612: 155-162 ■