

## 간척지에서 재배된 양마(kenaf)의 해부학적 특성(Ⅱ)<sup>\*1</sup> — 구성 비율 및 세포의 치수 —

이 선 화<sup>\*2</sup> · 권 성 민<sup>\*2</sup> · 엄 기 증<sup>\*3</sup> · 김 남 훈<sup>\*2†</sup>

## Anatomical Characteristics of Kenaf Grown in Reclaimed Land<sup>\*1</sup> — Volumetric Composition and Cell Dimension —

Seon-Hwa Lee<sup>\*2</sup> · Sung-Min Kwon<sup>\*2</sup> · Gi Jeung Um<sup>\*3</sup> · Nam-Hun Kim<sup>\*2†</sup>

### 요 약

국내 간척지에서 성장한 양마(kenaf)의 성장특성을 이해하기 위하여 전보(이 등, 2007)와 동일한 시료를 이용하여 성장기간과 높이에 따른 조직 및 구성 세포의 비율, 섬유 길이 및 도관 직경을 광학현미경을 이용하여 측정하였다. 또한, 세포벽 중의 셀룰로오스 상대결정화도와 결정 폭을 X선회절법으로 측정하였다. 양마의 구성 비율은 사부 10~15%, 목부 66~82%, 수 7~19% 정도였는데, 줄기 높이와 성장기간에 따른 차이를 보였다. 사부 내에서는 사부방사조직이 약 50%, 인피섬유가 약 20%, 피층, 사관 등 기타 요소가 30% 정도인 것으로 나타났다. 반면, 목부의 구성 비율은 목부섬유가 약 75%, 방사조직이 약 15%, 도관이 약 10%를 차지하였다. 양마 목부의 세포벽 비율은 기부 30.92%, 최상부 46.40%로 최상부가 기부보다 높게 나타났다. 인피섬유의 길이는 줄기 기부에서 약 2.8 mm이고 높이가 증가할수록 감소되며 성장기간이 길어지면 다소 증가하는 경향을 보인 반면, 목부섬유 길이는 성장기간과 줄기 높이에 관계없이 약 0.9 mm의 안정된 값을 나타내었다. 도관의 방사 및 접선방향 직경은 성장기간이 길어질수록 증가하였고, 줄기 높이가 높아질수록 감소하였다. 상대결정화도는 사부에서 70~79%, 목부에서 50~56%로 사부가 높았고, 줄기 기부가 상부보다 다소 높게 나타났다. 셀룰로오스 결정 폭은 사부와 목부에서 약 3 nm로 거의 차이가 없었다. 결론적으로 각 조직과 조직 구성 요소의 비율 및 세포의 치수는 양마의 줄기 높이와 성장기간에 따라 차이를 보였지만 셀룰로오스의 결정구조는 차이가 없는 것으로 확인되었다.

\*<sup>1</sup> 접수 2008년 1월 12일, 채택 2008년 4월 1일

\*<sup>2</sup> 강원대학교 산림환경과학대학 College of Forest and Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

\*<sup>3</sup> 강원대학교 창강제지 연구소 Changgang Institute of Paper Science and Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

† 주저자(corresponding author) : 김남훈(e-mail: kimnh@kangwon.ac.kr)

## ABSTRACT

Anatomical characteristics of volumetric composition, fiber length, vessel diameter, and crystalline properties of cellulose in kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) planted in the reclaimed land of Buan-si, Korea were examined to understand the growth characteristics using a light microscopy and an X-ray diffraction method. The samples of kenaf were taken from six positions (3 cm, 35 cm, 70 cm, 105 cm, 280 cm, and 320 cm) of each stem over the growth period (July, August, September, and October) after seeding in the mid-May. In the kenaf stem, phloem constituted 10 to 15 %, xylem 66 to 82%, and pith 7 to 19%. The ray, bast fiber, and remainder comprised 50%, 20%, and 30% of the phloem, respectively. The volume of vessel, ray, and fiber in the xylem was approximately 10, 15, and 75%, respectively. The proportion of cell wall was 30.92% at the base of stem and 46.40% at the top of stem, respectively. The average length of bast fiber and xylem fiber was about 2.8 mm and 0.9 mm, respectively. Radial and tangential diameters of vessel increased with the increase of growth period, while they decreased with increasing the stem height. Relative crystallinity ranged from 70 to 79% in phloem and from 50 to 56% in xylem. Cellulose crystallite width was about 3 nm both in the phloem and xylem. Thus, the volumetric composition and cell dimensions in the phloem and xylem appeared to be varied with the growth period and the stem height.

**Keywords:** kenaf, *Hibiscus cannabinus*, bast fiber, phloem fiber, relative crystallinity

## 1. 서 론

현재 우리나라는 목재 펄프의 80% 이상을 외국에서 수입하고 있으므로 이를 대체할 원료의 개발과 펄프제지 및 목질재료 분야에 있어서의 대체원료 활용 방안에 관한 연구는 매우 중요하다(산림청, 2005; 이와 윤, 2003). 현재 목재의 대체자원으로 주목 받고 있는 양마는 잠재적인 가치를 지니는 초본 식물로, 산림자원의 보전을 위한 목질섬유 대체자원으로써의 가능성을 인정받고 있다(Tuyet Lam *et al.*, 2003; Pande and Roy, 1998, Morrison *et al.*, 1999; Villar *et al.*, 2001).

양마는 1940년대부터 탄소 고정능력이 우수한 친환경 작물로 인식되면서, 품종에 대한 연구(박과 김, 1965; Abott, 2000)가 시작되었고, 관상용이나 목재펄프의 대체원료로 이용되기 시작했다(Clerk *et al.*: 1962, Kugler, 1990). 또한 내수성이 강하고 척박한 토양조건에서도 적응력이 높을 뿐만 아니라 단위면적당 수확량이 많은 것으로 알려져 있다. 따

라서 오래전부터 세계 여러 나라에서는 섬유생산을 목적으로 재배되었으며, 우수한 이산화탄소 흡수 능력과 질소, 인산 등의 비료 흡수 능력이 매우 크기 때문에 수질정화나 토지개량용으로 재배가치가 매우 높은 작물로 인정받고 있다.

그러나 섬유 수율, 물리 및 화학적 성질과 깊은 관련이 있는 양마의 성장과정 중의 구성 세포 비율 및 치수 변이성 등처럼 해부학적 특성에 관한 기초적인 연구는 국내외적으로 아직 미비한 실정에 있다. Voulgaridis *et al.* (2000)은 줄기 높이에 따른 섬유 길이 및 도관 직경을 측정, 보고하였다. 최근 국내에서는 전보(김 등, 2006)에서 중부지역에서 성장한 양마의 섬유 길이와 도관 직경에 관하여 조사하였고, 이 등(2007)이 성장기간에 따른 조직구조의 변화 등을 조사하였을 뿐 이에 관련한 연구는 거의 찾아보기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 국내에서의 성장특성을 구명하기 위하여 남부지방 간척지를 시험지로 선정하여 그 곳에서 성장한 양마를 성장기간과 줄기 높이

의 변화에 따라 사부, 목부 및 수의 구성 비율, 각 구성 세포의 비율, 치수 변화 및 세포벽 중의 셀룰로오스의 상대결정화도와 결정 폭에 대하여 조사, 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

본 연구에서는 전라북도 부안군 계화도 간척지에 2006년 5월 19일에 파종한 양마(cultivar : Dowling)를 재료로 사용하였다. 그리고 동년 7월 25일, 8월 24일, 9월 18일, 10월 20일, 총 4회에 걸쳐 채취한 시료를 대상으로 실험을 실시하였다.

### 2.2. 실험방법

#### 2.2.1. 슬라이드 제작

광학현미경 관찰은 각 채취 시기별로 각 지상고 3 cm, 35 cm, 70 cm, 105 cm, 280 cm, 320 cm의 부분에서 채취하여 전보(이 등, 2007)와 같은 방법으로 실시하였다.

#### 2.2.2. 구성 비율 측정

횡단면의 슬라이드를 이용하여 성장기간과 높이에 따라 사부, 목부, 수의 구성 비율을 측정하였다. 또한 사부에서는 인피섬유, 사부방사조직, 사관의 구성 비율을, 목부에서는 도관, 방사조직, 목섬유의 구성 비율을 화상분석기(IMT, i-solution Lite)로 측정하였다.

#### 2.2.3. 섬유 길이 및 도관 직경 측정

각 성장기간과 높이에 따른 섬유의 길이와 도관의 직경은 전보(김 등, 2006)와 같은 방법으로 측정하였다.

### 2.2.4. 상대결정화도 및 셀룰로오스 결정 폭 측정

사부와 목부의 3 cm와 320 cm 부위에서 채취한 시료를 전보(김 등, 2006)와 같은 방법으로 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 조직의 구성 비율

Table 1는 성장기간과 줄기 높이에 따른 사부, 목부, 수의 구성 비율을 측정된 결과이다. 사부의 구성 비율은 10~15%의 범위로 성장기간과 줄기 높이에 따른 차이는 거의 보이지 않았다. 그러나 목부의 구성 비율은 3 cm인 줄기 기부에서 66~82%로 가장 크고 높이가 증가함에 따라 크게 감소하였다. 성장기간이 긴 10월에 채취한 시료에서는 줄기 높이 증가에 따른 목부 구성 비율의 감소가 작게 나타났는데 이것은 양마의 전체 줄기 성숙에 의한 것으로 사료된다. 또한 동일 줄기 높이에서도 성장기간이 길수록 목부의 구성 비율은 다소 높아지는 경향이 나타났다. 수의 구성 비율은 줄기 기부에서 7~19%이었는데 동일 줄기 높이에서는 성장기간이 길수록 크게 감소한 반면, 동일 성장기간에서는 줄기 높이가 증가할수록 크게 증가하였다. 이것은 양마 줄기의 성숙이 기부에서 선행되고 상부로 갈수록 늦어지기 때문인 것으로 생각된다. Voulgaridis *et al.* (2000)은 양마의 줄기 높이가 높아질수록 목부가 감소하고 수(髓)는 증가하는 경향을 나타내는 반면 수의 비율에는 차이가 나타나지 않는다고 보고하였다. 본 연구에서 목부 구성 비율은 줄기 높이 증가에 따라 감소하여 Voulgaridis *et al.* (2000)의 결과와 유사하지만 수의 구성 비율은 증가하여 상반된 결과를 보여주었다. 한편 이와 윤(2003)은 양마의 목부와 사부의 비율이 각각 68%, 31.9%라고 보고하였는데 본 연구에서는 사부의 비율이 약 12% 정도로 상당히 낮게 나타났다. 이러한 차이는 성장환경, 유전특성 등 어느 인자에 의한 것인지 금후 더욱 자세한 검토

Table 1. Volumetric composition of phloem, xylem, and pith in kenaf (unit : %)

Sampling date		Sampling position from ground			
		3 cm	35 cm	70 cm	105 cm
Jul. 25	Phloem	115 ± 1.20	118 ± 0.35	113 ± 0.49	125 ± 1.06
	Xylem	713 ± 2.90	51.0 ± 0.99	23.2 ± 1.56	15.2 ± 1.27
	Pith	173 ± 1.70	37.5 ± 0.78	65.6 ± 2.05	72.4 ± 0.21
Aug. 24	Phloem	138 ± 1.06	14.3 ± 1.34	14.8 ± 1.41	15.0 ± 0.85
	Xylem	66.7 ± 2.12	61.0 ± 0.92	58.6 ± 1.41	42.2 ± 0.92
	Pith	19.2 ± 1.56	24.8 ± 0.42	26.6 ± 2.76	42.9 ± 0.07
Sep. 18	Phloem	10.2 ± 0.49	11.7 ± 0.64	12.2 ± 0.35	12.9 ± 0.28
	Xylem	82.4 ± 1.20	62.9 ± 2.85	57.6 ± 0.57	55.2 ± 1.70
	Pith	7.5 ± 0.74	25.5 ± 2.21	30.2 ± 0.28	32.0 ± 1.41
Oct. 20	Phloem	9.9 ± 0.57	10.8 ± 0.14	12.0 ± 0.49	12.1 ± 0.21
	Xylem	83.9 ± 2.40	68.7 ± 0.71	67.1 ± 0.64	64.5 ± 1.41
	Pith	6.2 ± 1.84	20.5 ± 0.57	21.0 ± 1.13	23.5 ± 1.63

가 필요하다.

### 3.2. 조직 내에서 구성 요소의 비율

Table 2는 사부와 목부에서 각 세포의 구성 비율을 측정된 결과이다. 사부의 구성 비율은 사부방사조직이 약 50%로 가장 높고 인피섬유가 약 20% 그리고 피층, 사관 등의 기타 요소가 30%인 것으로 나타났다. 목부의 구성 비율은 목부섬유가 약 75%로 가장 높고 방사조직 약 15%, 도관 약 10% 정도였다.

사부의 인피섬유 구성 비율은 지상고 3 cm 부위인 기부에서 약 20% 정도였고 줄기 높이가 증가할수록 비율은 약 38%까지 증가하였다. 즉 미성숙한 부위로 여겨지는 줄기의 윗부분에서는 사부조직 중의 인피섬유 비율이 높은 것으로 나타났다. 사부방사조직 구성 비율은 기부에서 높고 상부로 갈수록 낮아지는 경향이 있었다. 또한 동일 줄기 높이에서도 성장기간이 길수록 사부방사조직 구성 비율이 높아졌다. 그 밖의 피층, 사관 등과 같은 기타 구성 요소의 비율도 기부에서 25~42%로 상당히 높게 나타났고 생

장기간이 길수록 감소하고 줄기 높이의 증가에 따라서도 다소 증가하는 경향을 보여주었다.

목부의 도관 구성 비율은 왕성하게 성숙하고 있는 7월에 채취한 시료에서 뚜렷한 경향을 발견할 수 있다. 즉 기부에서는 약 7%로 낮고, 줄기 높이에 따라 증가하였는데 105 cm인 곳에서는 약 39% 정도를 보였다. 성장기간이 길어져도 기부에 가까운 성숙된 부분의 도관 구성 비율은 10% 미만의 비교적 낮은 구성 비율을 보여주었다. 한편 방사조직의 구성 비율은 기부에서 10~19%로 줄기 높이 증가에 따라 감소하고 성장기간이 길어져 성숙된 부위에서는 증가하는 현상을 나타냈다. 목부섬유 구성 비율은 기부에서 80% 내외였고 줄기 높이 증가에 따라 감소하는 경향이 있었다.

10월에 채취한 양마 목부의 지상고 3 cm와 320 cm 부위의 단위면적(1 mm<sup>2</sup>) 내 세포벽 비율을 측정된 결과, 3 cm 부위에서 30.92%, 320 cm 부위에서 46.40%로 상부가 기부보다 높게 나타났다. 양마의 세포벽율에 관한 논문은 찾아보기 어렵다. 목재의 세포벽 비율에 관하여 Ona et al.(2006)은 *Eucalyptus*의

Table 2. Percentage of cell components in phloem and xylem of kenaf (unit : %)

Sampling date	Sampling position from ground					
	3 cm	35 cm	70 cm	105 cm	280 cm	320 cm
Bast fiber	Jul. 25	227 ± 0.57	250 ± 0.49	277 ± 0.64	284 ± 1.06	
	Aug. 24	210 ± 0.78	232 ± 0.57	266 ± 0.21	288 ± 0.71	
	Sep. 18	215 ± 1.63	221 ± 1.41	253 ± 0.64	296 ± 0.92	383 ± 212
	Oct. 20	201 ± 1.20	218 ± 1.06	275 ± 1.56	286 ± 0.64	
Phloem ray	Jul. 25	389 ± 0.49	326 ± 0.64	265 ± 1.63	177 ± 2.12	
	Aug. 24	387 ± 1.56	371 ± 0.42	306 ± 2.19	291 ± 0.85	
	Sep. 18	449 ± 0.28	420 ± 0.28	355 ± 1.77	36.0 ± 1.48	16.4 ± 2.97
	Oct. 20	551 ± 0.71	511 ± 1.34	441 ± 2.40	299 ± 1.98	
Remainder	Jul. 25	385 ± 1.06	425 ± 0.14	460 ± 2.19	53.9 ± 3.18	
	Aug. 24	40.4 ± 2.40	39.7 ± 0.14	42.8 ± 2.19	41.6 ± 0.85	
	Sep. 18	33.7 ± 1.98	35.9 ± 1.13	39.4 ± 1.06	34.5 ± 2.40	45.3 ± 5.09
	Oct. 20	24.9 ± 0.49	27.2 ± 2.40	28.4 ± 0.92	36.6 ± 4.45	
Vessel	Jul. 25	6.5 ± 0.99	10.4 ± 1.34	19.8 ± 2.47	39.1 ± 1.63	
	Aug. 24	7.9 ± 0.64	10.5 ± 2.40	10.9 ± 2.62	14.0 ± 3.39	
	Sep. 18	7.2 ± 0.35	9.5 ± 1.84	9.7 ± 1.13	11.5 ± 2.47	29.9 ± 0.07
	Oct. 20	7.1 ± 0.07	8.6 ± 1.06	9.8 ± 1.27	11.4 ± 2.05	
Ray	Jul. 25	10.0 ± 0.71	9.2 ± 0.57	8.9 ± 0.35	5.9 ± 0.92	
	Aug. 24	11.1 ± 0.71	9.9 ± 0.28	7.8 ± 0.92	6.5 ± 0.28	
	Sep. 18	16.7 ± 2.47	12.7 ± 1.77	10.0 ± 0.57	8.4 ± 0.71	6.8 ± 0.78
	Oct. 20	18.8 ± 4.24	15.3 ± 0.49	12.2 ± 0.85	12.4 ± 1.48	
Xylem fiber	Jul. 25	83.5 ± 0.28	80.5 ± 1.91	71.4 ± 2.76	55.1 ± 0.71	
	Aug. 24	81.1 ± 1.34	79.6 ± 2.69	81.3 ± 3.54	79.5 ± 3.11	
	Sep. 18	76.3 ± 2.76	79.9 ± 6.58	80.3 ± 1.70	80.2 ± 3.18	67.1 ± 0.42
	Oct. 20	74.2 ± 4.17	75.9 ± 1.56	78.0 ± 0.42	76.3 ± 3.54	

세포벽 비율이 27~35%로 보고하고 있어, 양마의 목부는 목재의 목부와 비슷한 세포벽율을 가지는 것으로 나타났다.

### 3.3. 섬유 길이

Fig. 1은 양마 사부의 인피섬유와 목부의 목부섬유 사진이다. 인피섬유가 목부섬유에 비해 그 길이가 상당히 긴 것을 알 수 있다.

Table 3은 생장기간과 줄기 높이 별로 섬유의 길이를 측정된 결과이다. 인피섬유의 길이는 기부에서

약 2.8 mm였으며, 줄기 높이가 증가할수록 감소하고 생장기간이 길수록 다소 증가하는 경향을 보여주었다. 목부섬유 길이는 생장기간과 줄기 높이 증가에 관계없이 약 0.9 mm로 일정한 값이 나타났다. Voulgaridis *et al.* (2000)은 줄기 높이가 증가할수록 인피섬유와 목섬유의 섬유길이는 증가한다고 보고하였으나 본 연구에서는 인피섬유만이 증가하였을 뿐, 목부섬유의 길이는 거의 일정하였다. 인피섬유의 길이에 관하여 김 등(1989)은 황마 섬유 1.5 mm, 양마 섬유 2.0~2.1 mm, 전보(김 등, 2006)에서는 양마 섬유 2.43 mm, Fuwape (1993)는 양마 섬

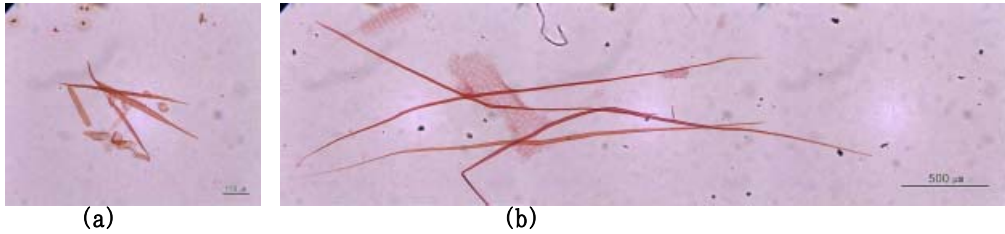


Fig. 1. Xylem fibers(a) and bast fibers(b) of the kenaf.

Table 3. Fiber length of the kenaf

Sampling date	Sampling position from ground			
	3 cm	35 cm	70 cm	105 cm
Bast fiber (mm)	Jul.25	-	-	-
	Aug.24	2.74 ± 0.41	2.70 ± 0.15	2.51 ± 0.12
	Sep.18	3.01 ± 0.16	2.98 ± 0.17	2.72 ± 0.28
	Oct.20	3.09 ± 0.37	3.01 ± 0.41	2.88 ± 0.32
Xylem fiber (mm)	Jul.25	-	-	-
	Aug.24	0.90 ± 0.03	0.90 ± 0.09	0.89 ± 0.06
	Sep.18	0.90 ± 0.04	0.90 ± 0.05	0.89 ± 0.07
	Oct.20	0.90 ± 0.07	0.91 ± 0.09	0.88 ± 0.07

유 2.66 mm로 보고하고 있어 본 연구에 사용된 시료의 섬유 길이가 다소 길었다. 목부섬유의 길이는 김 등(2006)이 보고한 0.74 mm~0.82 mm보다 다소 길게 나타났다.

### 3.4. 도관직경

전보(김 등, 2006, 이 등, 2007)에서 보고하였듯이 양마의 횡단면에서 관찰되는 조재부의 도관은 고풍관공과 방사방향으로 2~3개가 복합되어 있는 방사복합관공이 확인되었다. 조재부 도관의 생장기간과 줄기 높이에 따른 직경을 측정된 결과를 Table 4에 나타냈다. 방사방향 및 접선방향의 도관 직경은 생장기간이 길어질수록 증가하였고 줄기 높이가 높아질수록 감소하였다. 또한 도관의 직경은 방사방향의 직경이 접선방향의 직경보다 크게 나타났다. 성숙한 기부의 도관 직경은 약 70 μm 정도로 목재의 도관 직경을 구분한 IAWA의 기준의 III등급(50~100 μm,

작음)에 속하였다(박 등, 1987). Voulgaridis *et al.* (2000)과 김 등(2006)도 줄기 높이가 증가에 따라 도관 직경이 감소한다고 보고하여 본 연구와 동일한 결과를 보여주었다. 또한 본 연구 결과에서의 도관 직경이 Voulgaridis *et al.* (2000)이 보고한 55 μm 보다 상당히 크게 나타났다.

### 3.5. 상대결정화도 및 결정 폭

Fig. 2는 양마 사부와 목부의 지상고 3 cm 부위와 320 cm 부위에서 측정된 X선 회절강도곡선으로 천연 셀룰로오스 결정의 회절형을 보여주고 있다. Table 5는 양마의 X선 회절강도곡선으로부터 계산한 셀룰로오스의 상대결정화도 및 결정 폭의 결과이다. 상대결정화도는 사부가 70~79%, 목부가 50~56%로 사부가 목부에 비해 약 20% 정도 높게 나타나 전보(김 등, 2006)의 결과와 유사하였다. 이것은 사부의 주요 구성 요소인 인피섬유의 결정성이 높기

Table 4. Vessel diameter of the kenaf

Sampling date	Sampling position from ground							
	3 cm		35 cm		70 cm		105 cm	
	R	T	R	T	R	T	R	T
Jul.25	77.56 ± 15.33	66.16 ± 13.21	70.26 ± 16.65	57.83 ± 20.09	64.84 ± 12.76	49.60 ± 14.11	57.73 ± 12.33	47.18 ± 10.08
Aug.24	84.75 ± 20.65	65.33 ± 16.18	84.44 ± 17.24	65.93 ± 17.26	82.92 ± 18.88	64.87 ± 19.13	81.00 ± 15.13	64.31 ± 17.64
Sep.18	95.77 ± 12.22	71.68 ± 14.42	90.23 ± 14.73	69.71 ± 13.56	83.14 ± 16.87	67.99 ± 16.92	82.09 ± 15.20	67.33 ± 69.88
Oct.20	98.21 ± 15.24	76.47 ± 18.31	92.77 ± 19.88	73.10 ± 20.11	88.92 ± 15.66	71.11 ± 14.55	86.12 ± 14.11	69.88 ± 15.44

\* R: radial direction, T: tangential direction, ± indicates standard deviation

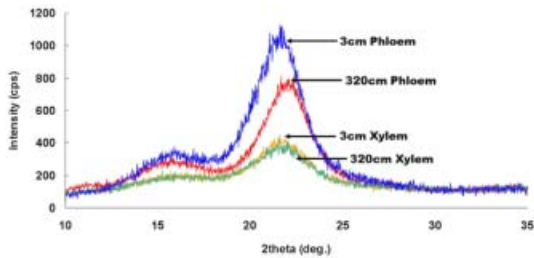


Fig. 2. X-ray diffractograms of the kenaf.

때문으로 생각된다. 또한 성숙한 기부의 결정화도가 미성숙한 상부보다 다소 높게 나타났다. 셀룰로오스의 결정 폭은 사부가 3.0~3.1 nm, 목부가 2.9~3.0 nm로 사부와 목부의 결정의 폭은 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이와 김(1992)은 목재 셀룰로오스 결정 폭이 침엽수재 3.11 nm, 활엽수재 3.22 nm 라고 보고하였고, 전보(김 등, 2006)에서는 중부지방에서 성장한 양마의 결정 폭이 사부가 2.68~3.24 nm, 목부가 2.46~2.95 nm라고 보고하였다.

#### 4. 결 론

양마의 성장기간과 줄기 높이에 따른 해부학적 특징을 살펴보면 다음과 같다.

1) 양마의 성숙에 따라 목부의 구성 비율은 증가한 반면 수의 구성 비율은 감소하였고, 사부는 거의 변화가 없었다.

Table 5. Relative crystallinity and crystallite width of the kenaf harvested on October 20

		Sampling position from ground	
		3 cm	320 cm
Relative crystallinity (%)	Phloem	79	70
	Xylem	56	50
Crystallite width (nm)	Phloem	3.1	3.0
	Xylem	3.0	2.9

2) 사부에서 인피섬유 및 사관과 피층 등 기타 구성요소의 구성 비율은 양마의 성숙에 따라 감소한 반면 사부방사조직의 비율은 증가하였다.

3) 목부에서 도관 구성 비율은 기부가 낮고, 줄기 높이가 증가함에 따라 크게 증가하였다. 방사조직의 구성 비율은 줄기 높이의 증가와 함께 감소하고 성숙된 부위에서는 증가하는 경향을 나타냈다. 목부섬유의 구성 비율은 기부에서 80% 내외로 높고 줄기 높이 증가에 따라 감소하는 경향이 있었다. 10월에 채취한 양마 목부의 단위면적(1 mm<sup>2</sup>) 내 세포벽 비율은 기부에서 30.92%, 최상부에서 46.40%로 최상부가 기부보다 높게 나타났다.

4) 인피섬유의 평균 길이는 2.8 mm (2.4 mm~3.1 mm)로 성장기간 증가에 따라 증가하는 반면 목섬유의 길이는 평균 0.9 mm (0.8 mm~1.0 mm)로 일정

하였다.

5) 도관의 방사 직경은 평균 82  $\mu\text{m}$ , 접선 직경은 평균 62  $\mu\text{m}$ 로 방사 직경이 접선 직경보다 컸고 줄기 높이 증가에 따라 감소하였다.

6) 상대결정화도는 사부 70~79%, 목부 50~56%로 사부가 목부에 비해 높게 나타났다.

7) 셀룰로오스 결정 폭은 사부 3.0~3.1 nm, 목부 2.9~3.0 nm로 거의 차이가 없었다.

## 사 사

본 연구는 강원대학교 산림과학연구소의 지원에 의하여 수행되었음. 실험에 도움을 준 이세나양에게 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Abbot, T. P. 2000. New uses for kenaf. Agricultural Research Magazine, August 14~15.
2. Clerk, T. F., G. H. Nelson, H. J. Nieschlag, and I. A. Wolff. 1962. A search for new fiber crops. Tappi 45(10): 780~786.
3. Fuwape, J. A. 1993. Paper from kenaf fibre. Bioresource Technol. 43: 113~115.
4. Kugler, D. E. 1990. Non-wood fiber crops: Commercialization of kenaf for newsprint, advance in new crops. Timber Press, Portland, OR, USA: 289~292.
5. Morrison, W. H., D. E. Akin, and D. D. Archibald. 1999. Chemical and instrumental characterization of maturing kenaf core and bast. Ind. Crops Prod. 10: 21~34.
6. Ona, T., T. Sonoda, K. Ito, M. Shibata, Y. Tamai, Y. Kojima, J. Oshima, S. Yokota, and N. Yoshizawa. 2001. Investigation of relationships between cell and pup properties in *Eucalyptus* by examination of within-tree property variations. Wood Sci. Technol. 35: 229~243.
7. Pande, H. and D. N. Roy. 1998. Influence of fiber morphology and chemical composition on the papermaking potential of kenaf fibers: A look at what attributes affect tensile strength. Pulp Paper Can. 99: 31~34.
8. Tuyet Lam, T., K. Hori, and K. Iiyama. 2003. Structural characteristics of cell walls of kenaf and fixation of carbon dioxide. J. Wood Sci. 49: 225~261.
9. Villar, J., P. Poveda, and J. Tagle. 2001. Comparative study of kenaf varieties and growing conditions and their effect on kraft pulp quality. Wood Sci. Technol. 34: 543~552.
10. Voulgaridis, E., C. Passialis, and A. Grigoriou. 2000. Anatomical characteristics and property of kenaf stems (*Hibiscus cannabinus*). IAWA J. 21(4): 435~442.
11. 김남훈, 황원중, 권기중, 권성민, 이명구, 조준형. 2006. 국내에서 생장한 Kenaf(양마)의 해부 및 물리적 특성. 목재공학 34(3): 1~7.
12. 김희태, 박찬호, 손세호. 1989. 공예작물학. 향문사. 97~105.
13. 박종문, 김인환. 1965. Genus *Hibiscus*의 품종에 관한 연구. 농사시험연구보고 8(1): 49~55.
14. 산림청. 2005. 임업통계연보, 281~287.
15. 이명구, 윤승락. 2003. 국내산 케나프 이용에 관한 연구 (제1보)-국내에서 재배한 케나프의 생장 및 해부학적 특성-. 한국펄프·종이기술 34(4): 68~74.
16. 이원용, 김남훈. 1992. X선회절법에 의한 주요 침·활엽수재의 미세구조 해석. 목재공학 20(1): 28~37.
17. 이선화, 이세나, 권성민, 이명구, 조동하, 김남훈. 2007. 간척지에서 재배된 양마(kenaf)의 해부학적 특성(I) -사부와 목부의 생장기간과 높이에 따른 차이-. 목재공학 35(6): 43~49.