

국내에서 생장한 Kenaf (양마)의 해부 및 물리적 특성*1

김 남 훈*2† · 황 원 중*2 · 권 구 중*2 · 권 성 민*2 · 이 명 구*2 · 조 준 형*2

Anatomical and Physical Characteristics of Kenaf Grown in Korea*1

Nam-Hun Kim*2† · Won-Joong Hwang*2 · Goo-Joong Kwon*2 ·
Sung-Min Kwon*2 · Myoung-Ku Lee*2 · Jun-Hyung Cho*2

요 약

국내에서 재배된 케나프의 해부·물리적 특성을 광학현미경, 주사전자현미경 및 X선회절법으로 조사하였다. 그 결과 케나프는 사부에 인피섬유, 사부 방사조직, 피층 유세포, 사관요소 등이 존재하였고, 목부는 도관요소, 목섬유, 방사조직 등으로 구성되어 있었다. 관공은 고립 및 2~3개가 방사방향으로 복합한 것이 많이 존재하였고, 방사조직은 평복, 방형, 직립세포가 모두 분포하고 있었다. 수피부의 인피섬유 길이는 생장기간이 길어짐에 따라 점차 증가하였고, 목부 섬유 길이는 평균 0.74~0.82 mm로써 생장기간과 줄기의 높이에 관계없이 거의 차이가 없었다. 상대결정화도는 사부가 53~74%, 목부가 43~58%인 것으로 나타났으며, 셀룰로오스의 결정폭은 사부가 2.68~3.24 nm, 목부가 2.46~2.95 nm 정도인 것으로 나타났다. 케나프 줄기의 높이가 증가함에 따라 생재함수율과 생재밀도는 증가하였으나, 기본밀도는 낮게 나타났다.

ABSTRACT

Anatomical and physical properties of kenaf grown in Chuncheon, Korea were investigated using light and scanning electron microscopy and X-ray diffraction method. Bast fiber, phloem ray, cortex parenchyma cell and sieve tube member were observed in phloem, and vessel element, fiber and ray in xylem. Solitary and multiple radial pores in xylem existed. The cell types of ray parenchyma in radial section were procumbent, upright and square cells. The length of bast fiber increased with increasing the growth period. The length of wood fiber was 0.74~0.82 mm, but was not significantly different between the growth period and stem height. Relative crystallinity was 53~74% in phloem and 43~58% in xylem. Cellulose crystallinity width was 2.68~3.24 nm in phloem and 2.46~2.95 nm in xylem. The

* 1 접수 2005년 12월 30일, 채택 2006년 3월 3일

* 2 강원대학교 산림과학대학 College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea
† 주저자(corresponding author) : 김남훈(e-mail: kimnh@kangwon.ac.kr)

green moisture content and green density increased but basic density decreased with increasing the stem height.

Keywords: light microscopy, scanning electron microscopy, X-ray diffraction, bast fiber, phloem ray, cortex parenchyma cell, sieve tube member, vessel, fiber, ray, kenaf

1. 서 론

세계적으로 산림 벌채 규제, 고정 탄소원 유지, CO₂ 배출량 감소 등의 이유로 목재 및 제지 공업 분야는 원료 수급이 가장 중요한 문제가 되고 있다. 특히 우리나라는 연간 약 2700만 m³에 달하는 목재를 사용하고 있으며, 총 목재 소비량 중 90% 이상을 수입재에 의존하고 있는 실정이다(산림청 2005). 따라서 짧은 기간에 대량의 섬유를 생산할 수 있는 식물자원의 개발은 환경 및 산림보존의 문제를 보다 빠르게 해결할 수 있는 방안으로 생각된다.

케나프(洋麻)는 무궁화과에 속하는 1년생 초본류로써 주요 재배지역이 서부 및 남부 아프리카, 동인도, 쿠바, 타이, 오스트레일리아 등지와 아시아의 인도와 타이 등으로 알려져 있다. 우리나라에서는 1926년 섬유용이 아닌 목화다래나방의 기주식물의 시험재 배로써 木浦棉作支場에 도입된 것이 처음이며(김 등 1989), 1945년 이전에 약간 재배한 경우는 있으나, 현재 섬유 생산을 위한 재배지는 없는 실정이다. 케나프 섬유는 품질 및 이용 가치 면에 있어서 황마 및 어저귀와 유사하고, 빗갈은 좋으나 거칠고 강하여 마의, 粗麻布, 노끈, 어망선, 제지원료 등으로 이용되고 있다(김 등 1989). 또한 케나프는 성장이 빠르고 섬유질이 풍부하여 종이 및 각종 흡착제와 여과 재료의 원료로 적합하며 이산화탄소 배출 감소에 따른 지구 온난화와 산림파괴 등 지구 환경문제를 동시에 해결할 수 있는 식물로 주목을 받고 있다(이와 윤 2003). 케나프의 성장 특성과 섬유의 성질에 대한 보고는 비교적 많다. Ching *et al.*(1993)은 서로 다른 지역에서 성장하는 케나프를 이용하여 각 지역의 위도, 평균 기온, 강수량에 따라 케나프의 수율에 미치는 영향을, Manzanares *et al.*(1993)은 수분의 공급량과 기온에 따른 케나프의 수율을 조사하여 수분의 공급량보다는 기온이 수

율에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. Mambelli and Grandi (1995)는 케나프의 수율과 품질을 수확 시기와 용수 공급량에 따라 제시하였으며, Ayerza and Coates (1996)는 북서 아르헨티나의 5개 지역에서 성장하는 케나프의 성질을 조사하여 강수량이 높고 성장 기간이 긴 지역에서 고품질의 케나프가 생산됨을 보고한 바 있다. 또한 Ramaswamy *et al.*(1999)은 서리를 맞은 케나프 섬유의 특성을 연구하여 화학처리를 통해 서리 피해를 입은 케나프 활용 가능성을 제시하였다. 그러나 우리나라에서는 케나프에 관한 이와 윤(2003), 권 등(2005)의 소수 연구가 수행되어 있을 뿐 국내에서 성장한 케나프의 이용을 위한 연구는 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 국내의 섬유 원료 공급을 원활히 하고, 국내에서 성장하는 케나프의 특성을 조사하기 위해 케나프의 해부 및 물리학적 특성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 실험에서는 강원대학교 묘포장에서 2002년 5월 중순에 파종하여 재배한 케나프(洋麻, *Hibiscus cannabinus* L., cultivar : Tainung-2)를 재료로 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 해부학적 특성

성장 기간과 줄기 높이에 따라 기부로부터 20 cm 간격으로 4~5개의 시료를 채취하여 상법(일본목재학회 1985)에 따라 3단면의 슬라이드를 제작하여 광학

현미경(ZEISS Standard 25)으로 관찰하였다. 또한 sliding microtome을 사용하여 3단면(R : T : L = 10×10×10 mm)을 제작 후 주사전자현미경(JEOL, JSM 5410)을 사용하여 20 kV의 가속전압 하에서 해부학적 특성을 관찰하였다. 인피섬유 및 목섬유 길이를 측정하기 위해 각 부분에서 길이 3 cm 정도의 성냥개비 모양으로 시편을 제작하였다. 제작된 시편은 Schultze 액에 침지하여 상온에서 24시간 방치 후 60°C로 약 1시간 동안 가열 후 수세하였다. 인피섬유 및 목섬유 길이 측정은 임시 preparat를 제작하여 화상분석기(BMI)로 각각 50개씩 측정하고, 그 변이를 조사하였다.

2.2.2. 결정화도 및 셀룰로오스 결정폭 측정

시료는 사부와 목부로 구분하여 두께(R방향) 약 1 mm, 폭(T방향) 10 mm, 길이(L방향) 20 mm로 제작하였다. X선회절 실험은 RIGAKU社의 DMAX 2100 V를 사용하여 40 kV, 40 mA의 조건하에서 실시하였다. 상대결정화도와 셀룰로오스 결정폭은 이와 김(1992)이 사용한 Segal법과 Scherrer식으로 측정하였다.

2.2.3. 물리학적 특성

성장 기간과 줄기 높이에 따라 기부부터 20 cm 간격으로 4~5개의 시료를 채취하여 생재함수율과 밀도를 측정하였다. 밀도의 측정은 시료의 표면에 과라핀을 도포하여 부력법으로 측정하였다. 부피와 중량

측정은 메스실린더와 전자저울(OHAUS Explorer)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 해부학적 특성

Fig. 1은 국내에서 성장한 케나프의 횡단면 사진이다. 사부에는 인피섬유, 사부 방사조직, 피층 유세포, 사관요소 등이 존재하였다. 특히 세포벽이 두꺼운 인피섬유가 많이 존재하였으며, 인피섬유는 safranin과 fast green에 잘 염색되어 다른 세포군과 뚜렷하게 구분되었다. 또한 사부의 유세포 내에는 결정으로 보이는 물질이 관찰되었다. 목부는 도관요소, 목섬유, 방사조직 등으로 구성되어 있었다. 목부의 관공은 방사방향으로 2개 이상 복합된 복합관공의 형태를 가지거나 고립관공의 형태를 나타냈다. 수 부근의 초기에 형성된 관공은 직경이 비교적 작고, 목부의 형성이 진행됨에 따라 관공의 직경이 증가하는 형태를 나타냈다. 전체적으로는 관공이 고루 분포하여 산공재와 같은 형태를 보여주었다.

Fig. 2는 주사전자현미경으로 관찰한 목부의 방사단면과 접선단면 사진이다. 방사단면에서 방사조직은 평형세포, 방형세포 및 직립세포의 모든 세포형태가 분포하는 것을 알 수 있다. 접선단면에서 보면 단열에서 다열방사조직까지 모두 존재하는 것을 알 수 있다.

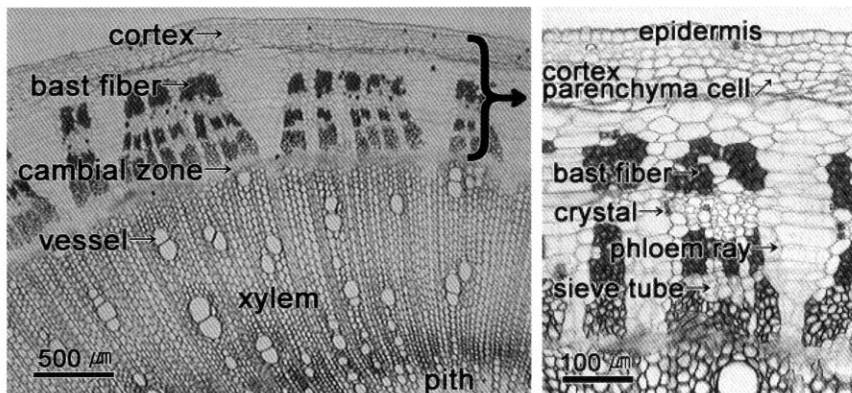


Fig. 1. Optical micrographs of kenaf in cross section.

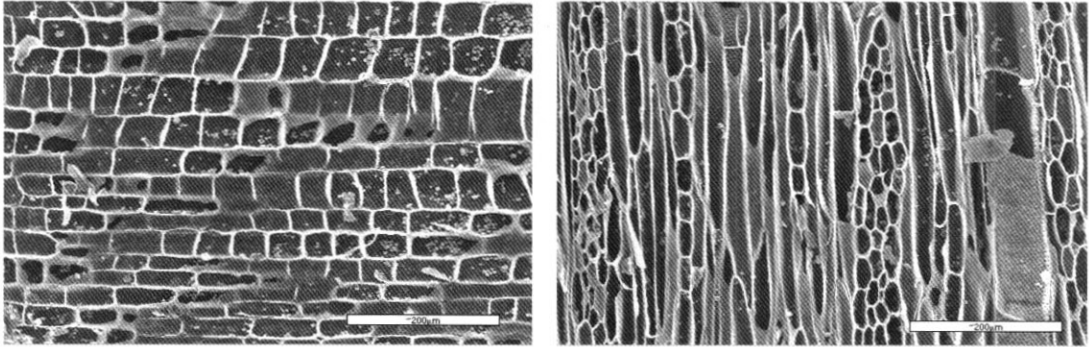


Fig. 2. Scanning electron micrographs of kenaf in radial (left) and tangential (right) sections.

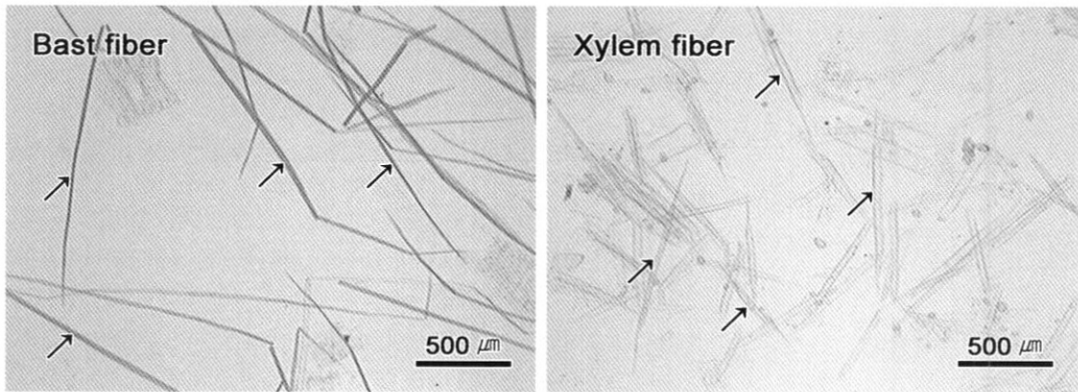


Fig. 3. Optical micrographs showing fibers (arrows) of kenaf harvested on July 28, 2002.

이와 윤(2003)은 케나프의 수피부 및 목질부를 관찰하여 그 형태가 산공재 혹은 방사공재와 비슷한 형태라고 보고하였으며, Lewin and Pearce (1998)는 케나프 세포조직이 유세포와 목섬유 그리고 기타 연조직으로 구성되어있음을 보고하였다.

3.2. 성장기간에 따른 높이별 세포길이

Table 1은 사부 인피섬유의 길이와 목부의 목섬유 길이를 성장기간 별로 측정된 결과이다. 사부 인피섬유의 길이는 줄기의 높이에 따라 거의 차이가 없었으나, 성장기간이 길어짐에 따라 점차 증가하는 경향을 보여주었다. 3개월 정도 성장한 케나프 사부의 인피섬유 길이는 평균 2.43 mm로 김 등(1989)이 보고한

황마 섬유의 1.5 mm, 양마 섬유 2.0~2.1 mm보다 다소 길었다. Fuwape (1993)는 나이지리아에서 성장한 케나프의 인피섬유 길이를 평균 2.66 mm라고 보고하고 있어 본 연구결과와 비슷한 값을 보여주고 있다. 목부의 목섬유는 성장기간과 줄기의 높이에 관계없이 평균 0.74~0.82 mm로 거의 차이가 없었다. Fig. 3은 인피섬유와 목섬유의 광학현미경 사진이다. Fig. 3과 Table 1에서 알 수 있듯이 사부 인피섬유의 길이는 목부 목섬유보다 3배 정도 긴 것으로 나타났다. 목부 관공의 직경은 방사방향 직경이 접선방향 직경보다 컸으며, Fig. 1에서 볼 수 있듯이 방사방향으로 다소 긴 타원형의 형태를 나타내고 있다. 관공의 직경은 줄기의 높이가 낮을수록, 성장기간이 길수록 증가하는 경향이 있었다.

Table 1. Fiber length and pore diameter of kenaf

Sampling date		Sampling position from ground							
		3 cm		25 cm		50 cm		75 cm	
Bast fiber (mm)	Jul. 4	1.78±0.49		-		-		-	
	Jul. 16	2.09±0.31		2.08±0.45		-		-	
	Jul. 28	2.07±0.39		2.13±0.47		2.05±0.43		-	
	Aug. 16	2.47±0.38		2.49±0.47		2.42±0.59		2.31±0.42	
Xylem fiber (mm)	Jul. 4	0.77±0.16		-		-		-	
	Jul. 16	0.74±0.14		0.77±0.15		-		-	
	Jul. 28	0.76±0.14		0.79±0.15		0.80±0.20		0.77±0.20	
	Aug. 16	0.78±0.14		0.75±0.15		0.79±0.16		0.82±0.19	
Pore diameter (μ m)	Jul. 4	R	T	R	T	R	T	R	T
	Jul. 16	60.7±13.4	50.7±9.6	-	-	-	-	-	-
	Jul. 28	73.2±20.9	63.8±15.7	77.0±17.7	64.6±10.1	67.7±10.4	57.5±8.5	63.2±7.7	54.5±7.4
	Aug. 16	83.2±20.8	62.8±14.8	80.8±17.2	61.6±8.6	81.6±22.4	59.5±10.5	79.3±11.9	56.3±9.2

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

Table 2. Relative crystallinity and crystallite width of kenaf

Sampling date		Sampling position from ground							
		3 cm		25 cm		50 cm		75 cm	
		bark	core	bark	core	bark	core	bark	core
Relative crystallinity (%)	Jul. 28	53	43	65	54	66	56	56	54
	Aug. 16	71	47	74	52	73	58	67	57
Crystallite width (nm)	Jul. 28	2.68	2.59	2.89	2.86	2.84	2.95	3.01	2.84
	Aug. 16	2.95	2.46	3.24	2.67	3.08	2.79	3.08	2.86

3.3. 상대결정화도 및 셀룰로오스 결정폭

Table 2와 Fig. 4는 케나프의 사부와 목부에서 측정된 상대결정화도와 셀룰로오스 결정폭을 나타낸 것이다. 전체적으로 사부의 상대결정화도는 목부의 것보다 10~25% 정도 높게 나타났다.

셀룰로오스의 결정폭은 사부가 2.68~3.24, 목부가 2.46~2.95 nm 정도로 사부의 결정폭이 다소 크게 나타났다. Lee와 Kim(1992)에 의하면 목재 셀룰로오스 결정폭이 침엽수 3.11, 활엽수 3.22 nm 정도로 알려지고 있어, 국내에서 성장한 케나프의 결정폭은 목재 셀룰로오스의 결정폭과 비슷한 것으로 생각된다.

3.4. 물리적 특성

케나프의 생재함수율과 밀도는 Table 3과 같다. 생재함수율은 줄기의 높이가 증가할수록 높게 나타났으며, 같은 높이에서 생장기간이 길어지면 함수율은 점차 감소하였다. 이것은 생장에 따라 목부 세포의 개수 및 크기가 증가 또는 확대되거나 세포벽이 점차 목화되어 수분이나 양분 등이 존재할 수 있는 공극의 크기가 감소하기 때문인 것으로 생각된다. Verweris *et al.*(2004)은 초본식물의 목섬유를 측정하여 목화가 진행됨에 따라 목섬유의 길이는 증가하는 반면, 목섬유 직경, 내강직경 및 세포벽의 두께는 감소한다고 보

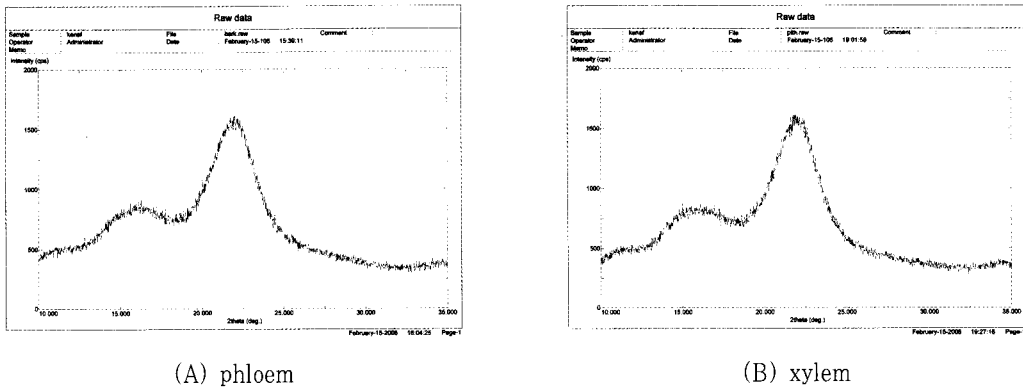


Fig. 4. Equatorial X-ray diffractograms of kenaf in tangential surface.

Table 3. Moisture content and density of kenaf

Sampling date		Sampling position from ground			
		3 cm	25 cm	50 cm	75 cm
Green moisture content (%)	Jul. 16	344	464	644	-
	Jul. 28	285	331	446	750
	Aug. 16	265	307	436	453
Green density (g/cm ³)	Jul. 16	0.74	0.79	0.84	-
	Jul. 28	0.67	0.89	0.92	0.95
	Aug. 16	0.79	0.90	0.91	0.94
Oven-dried density (g/cm ³)	Jul. 16	0.27	0.32	0.24	-
	Jul. 28	0.35	0.39	0.34	0.39
	Aug. 16	0.36	0.41	0.41	0.31
Basic density (g/cm ³)	Jul. 16	0.17	0.14	0.11	-
	Jul. 28	0.17	0.21	0.17	0.11
	Aug. 16	0.22	0.22	0.17	0.17

Green density: green weight/green volume, Oven-dried density: oven-dried weight/oven-dried volume, Basic density: oven-dried weight/green volume

고하였다. 생재밀도는 줄기의 높이가 높을수록, 기본 밀도는 높이가 낮을수록 높게 나타났는데 이것은 수간의 윗부분이 생재함수율이 높고 아랫부분의 세포들은 목화가 진행되어 세포벽 밀도가 높기 때문으로 생각된다.

4. 결 론

국내에서 재배한 케나프의 해부 및 물리적 특성을

조사한 결과는 다음과 같다.

1) 케나프는 사부에 인피섬유, 사부 방사조직, 피층 유세포, 사관요소 등이 존재하였고, 목부는 도관요소, 목섬유, 방사조직 등으로 구성되어 있었다. 관공은 고립 및 2~3개가 방사방향으로 복합한 것이 많이 존재하였고, 방사조직은 평복, 방형, 직립세포가 모두 분포하고 있었다.

2) 사부의 인피섬유 길이는 생장기간이 길어짐에 따라 점차 증가하였고, 목부섬유의 길이는 평균 0.74~

0.82 mm로서 생장기간과 줄기의 높이에 관계없이 거의 차이가 없었다.

3) 상대결정화도는 사부가 53~74%, 목부가 43~58%인 것으로, 그리고 셀룰로오스의 결정폭은 사부가 2.68~3.24 nm, 목부가 2.46~2.95 nm 정도인 것으로 나타났다.

4) 생재함수율과 생재밀도는 줄기의 높이가 높아질수록, 기본밀도는 높이가 낮아질수록 높게 나타났다.

사 사

본 연구는 강원대학교 산림과학연구소의 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

- 권영만, 황원중, 권성민, 조준형, 이명구, 김남훈. 2005. 국내에서 생장한 케나프의 해부학적 특성. 산림과학연구. 강원대학교 산림과학연구소. 21: 98~103.
- 김희태, 박찬호, 손세호. 1989. 공예작물학. 향문사. pp. 97~105.
- 산림청. 2005. 임업통계연보. pp.281~287.
- 이명구, 윤승락. 2003. 국내산 케나프 이용에 관한 연구 (제1보)-국내에서 재배한 케나프의 생장 및 해부학적 특성. 한국펄프·종이공학. 펄프·종이기술. 34(4): 68~74.
- 이원용, 김남훈. 1992. X선회절법에 의한 주요 침·활엽수재의 미세구조 해석. 한국목재공학. 목재공학. 20(1): 28~37.
- 日本木材學會·物理·工學編輯委員會. 1985. 木材科學實驗書 I. 物理·工學編. 中外産業. pp.53~94.
- Ayerza, R. (h) and W. Coates. 1996. Kenaf performance in northwestern Argentina. *Industr. Crops Products* 5: 223~228.
- Ching, A., C. L. Webber III, and S. W. Neill. 1993. Effect of location and cultivar on kenaf yield components. *Industr. Crops Products* 1: 191~196.
- Fuwape, J. A. 1993. Paper from kenaf fibre. *Bioresource Technology* 43: 113~115.
- Lewin, M. and E. M. Pearce. 1998. Handbook of fiber chemistry. Marcel Dekker, Inc. pp.466~502.
- Mambelli, S. and S. Grandi. 1995. Yields, and quality of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stem as affected by harvest date and irrigation. *Industr. Crops Products* 4: 97~104.
- Manzanares, M., J. L. Tenorio, P. Manzanares, and L. Ayerbe. 1993. Yield and development of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) crop in relation to water supply and intercepted radiation. *Biomass and Bioenergy*. 5: 337~345.
- Ramaswamy, G. N., B. Soeharto, C. R. Boyd, and B. S. Baldwin. 1999. Forest kill and kenaf fiber quality. *Industr. Crops Products* 19: 189~195.
- Ververis, C., K. Georghiou, N. Christodoulakis, P. Santas, and R. Santas. 2004. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. *Industr. Crops Products* 19: 245~254.