Journal of Korea TAPPI
Vol. 42. No. 1, 2010
Printed in Korea

펄프·제지용 원료로서의 삼 섬유 이용에 관한 연구(제 1보)

-대마 구성 세포의 현미경적 관찰-

윤승락† · 이명구*1

(2009년 12월 22일 접수: 2010년 2월 15일 채택)

Effective Utilization of Hemp Fiber for Pulp and Papermaking (I)

-Morphological Characteristics of Hemp Fiber-

Seung-Lak Yoon† and Myoung-Ku Lee*1

(Received December 22, 2009: Accepted February 15, 2010)

ABSTRACT

Morphological characteristics of hemp fiber were investigated using a light microscope in order to provide fundamental data for the use of hemp as a papermaking law material. Phloem of hemp is composed of cortical parenchyma cells and bast fiber with thick walls while xylem is composed of vessel, wood fiber and ray parenchyma cells. Also there are solitary pore and radial pore multiple which exist in diffuse porous pattern. Ray cells consist of uniseriate rays and thin walled ray parenchyma cells. Wood fibers are composed of three types: a large diameter fiber with longer length; a large diameter fiber with shorter length; a small diameter fiber with medium length. Vessel elements are composed of: a medium length one; a longer length one; the one whose both end walls have ligules or tails. Parenchyma cells in xylem and pit parenchyma cells have completely different size and shape. For bast fiber, the average length is about 4.4 mm and the width is about 30.5 ㎛; for vessel element, 600.0 ㎛ in length and 493.6 ㎛ in width; for wood fiber, 1000 ㎛ and 38.9 ㎛; for parenchyma cell, 50 ㎛ and 26.4 ㎛.

Keywords *: hemp, cell in hemp, bast fiber, wood fiber, vessel, parenchyma cell*

• 진주산업대학교 인테리어재료공학과(Dept. of Interior Materials Engineering, Jinju National University, 660-758, Korea)
*1 강원대학교 제지공학과(Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chunchon, 200-701, Korea).
† 주저자(Corresponding author): E-mail: slyoon@jinju.ac.kr

1. 서 론

대마(*Cannabis sativa* L.)는 인류의 역사가 시작되면서 질병 목적으로 재배되었지만, 주로 직물원료로 사용되어 왔고, 최초의 종이의 원료이기도 하다. 이렇게 용도가 다양하기 때문에 B.C. 6,000년경부터 중국에서 재배되었고, 그 후 동남아시아, 유럽, 남미, 아프리카 등지로 전파되어 전 세계로 분포되어 있다.

식물학 상으로 분류하면 마는 뽕나무과 한삼 덩굴속에 속하는 1년생 초본류로서 약 50-60종으로 나눠지고 있다. 마 섬유의 주용도는 직물원료였지만,[1,2] 밧줄, 군수용품 등으로 대량 소비되면서 재배가 시작되었다.

서구 및 캐나다에서는 대마 재배의 경제적 잠재력을 새롭게 인식하여 대마의 육종, 재배, 이용에 관한 연구[3]가 진행되어 1990년대 후반에는 재배면적과 생산량이 급증하여 각종 의류, 산업용 섬유제품, 밧줄 등으로 사용되었고, 그 외의 목질부는 건축용 하드보드, 제지 원료로 사용되었다. 종자는 각종 과자류 맥주, 아이스크림의 원료로, 종실 기름은 식용유, 비누, 샴푸 등의 원료로 사용되었으며 변비, 관절기능부전, 어혈, 고혈압 등에 효능[4]이 있고, 마의 잎으로부터는 환각성 마취약인 terpenoid계 성분물질인 cannabinoids의 이용을 위한 약용식물로도 사용되어, 그 용도는 광범위하다. cannabinoids[4]는 중추신경, 대뇌, 척추에 대하여 처음에는 쾌락감과 환각을 동반하는 흥분이 야기되며, 시간이 경과되면 마취작용으로 이행된다.

의복용은 아마, 저마, 대마 등의 섬유가 사용되었고, 망 및 밧줄용은 마닐라마 섬유, 사이잘마 섬유 등이, 포대용으로는 황마 섬유와 선마섬유 등으로 사용되었다.

우리 전통한지는 닥나무 인피섬유를 사용하고 있다. 최근 닥섬유의 생산량이 감소되어 외국으로부터 수입하고 있는 실정이다. 2007년도 국내 닥섬유의 생산량은 15M/T이며, 이 중 11M/T의 닥섬유는 수출[5]되었다. 즉, 국내에서 생산되는 닥섬유는 한지 생산 원료로 사용되는 것이 아니고, 수출되었다. 한지 생산에 부족한 닥섬유는 대부분 수입하여 사용하고 있다. 2007년에 94M/T이 수입[5]되었다. 부족한 닥섬유와 수입 닥섬유의 일부를 대마섬유로 대체하기 위해 대마의 펄프화 및 해부학적 특성에 대한 연구[6]가 진행되었다. 그러나, 마 섬유는 한지 및 종이 제조용 원료보다는 부가가치가 높은 의복용 직물섬유로 많이 사용되고 있다.

본 연구는 의복용 직물섬유, 종이 제조용 섬유로 사용되고 있는 대마에 대하여 효과적으로 이용하기 위한 기초 자료로 제공하고자 구성되어 있는 세포의 형상을 현미경으로 관찰하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 공시재료

공시재료로 사용된 시료는 제천에서 재배되고 있는 대마(*Cannabis sativa* L.)에서 잎을 제거하고 줄기만 채집하여 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 절편 제조

수피가 부착되어 있는 대마 줄기에서 약 15 mm의 블록을 만들어 마이크로톰으로 횡단면, 방사단면, 접선면에서 두께가 15-30 ㎛의 절편을 제조하였다. 이 절편은 사프라닌액으로 염색하였다.

2.2.2 세포 시료 제조

대마를 구성하고 있는 세포를 관찰하기 위하여 수피, 목질부의 조직을 슐츠용액으로 해리시켜 메틸렌 블루액(Methylene blue)으로 염색하였다.

2.2.3 현미경 관찰

횡단면, 방사단면, 접선면에서 만들어진 절편과 슐츠용액으로 해리시킨 각 세포는 광학현미경으로 관찰하고 촬영하였다. 각 세포의 크기는 화상분석 장치에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 횡단면에서 관찰된 세포

대마의 조직적 특징을 관찰하기 위해 수피가 부착된 줄기부분으로부터 횡단면에서 절편을 제조하여 Fig. 1과 같이 광학 현미경을 사용하여 사진을 촬영하고, 각 부분에서 분리시킨 세포를 관찰하였다.

Fig. 1의 횡단면에서 수피부, 목질부(코아부), 수(pith) 부분으로 구별된다. 수피부는 피층유세포와 세

포벽이 두꺼운 후박세포의 인피섬유(A)가 존재하고, 목질부에는 목부섬유(B), 도관(D, E), 방사조직(F), 수에 존재하는 유세포(C) 등으로 구성되어 있다.

횡단면 상에서 큰 원형으로 나타나는 것이 도관인데 고립관공과 방사복합관공이 존재하며, 도관의 분포형태는 방사공재 같지만 산공재에 가깝다.

대마와 유사한 케나프[7,8]의 경우는 도관이 고립관공과 관공 2-3개가 방사방향으로 복합되어 있다. 방사조직은 평복, 방형, 직립세포로 구성되어 있었다.

3.2 접선단면, 방사단면에서 관찰된 세포

대마의 목질부에서 접선단면과 방사단면에서 제조된 절편과 각 부분에서 분리시킨 세포를 광학 현미경으로 관찰한 것이 Fig. 2이다.

Fig. 2의 A는 접선단면, B는 방사단면의 현미경 사진이다. C, D는 접선단면과 방사단면에서 관찰되는 세포의 사진이다. Fig. 2의 C와 D에서 a는 목부섬유, b는 도관, c는 유세포이다. 접선단면(A)에서 관찰된 유세포(c)는 1열로 배열하는 단열방사 조직이다. 방사단면(B)에서 관찰되는 유세포(c)는 박벽 방사유세포이다. 사진 C에서 보이는 목부섬유는 접선단면(A), 방사단면(B)의 a 섬유이다. 사진 D에서 보이는 b는 도관, c는 유세포이다.

3.3 수피부 인피섬유

대마의 수피는 내피와 외피로 구성되어 있고, 내피에 함유되어 있는 세포를 인피섬유라 한다. 대마 인피섬유는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3의 A는 5배율, B는 10배율, C는 20배율에서 촬영된 인피섬유이다. 대마의 인피섬유는 Fig. 1의 수피부에서 관찰된 인피섬유의 세포벽은 세포벽이 두껍고 세포내강이 좁은 후벽세포이다. 인피섬유의 폭은 평균 30.5 ㎛, 길이는 평균 4.4 mm(Table 1)이다.

최 등[6]은 대마 줄기의 하부, 중앙부, 상부에 위치한 섬유의 길이를 하부가 3.39mm, 상부의 섬유 길이를 2.57 mm로 보고되었다.

3.4 목질부

3.4.1 목질 섬유

대마의 줄기부분에 함유되어 있는 세포 중 목질섬유는 식물체를 지지하는 역할을 하는 세포이며 그 형태는 Fig. 4와 같다.

목질부에 존재하는 목질섬유의 기본적인 형태는 양단이 뾰족하며 길이가 매우 길었다. 목질섬유의 길이와 폭의 사이즈에 따라 분류한다면 Fig. 4의 A, B, C로 나눌 수 있다. Fig. 4의 섬유들은 같은 비율(10배율)에서 촬영한 것이다. A의 타입은 세포벽이 두껍고 길이가 짧다. B는 세포벽이 얇고 길이는 중간 정도이다. C는 세포벽이 두껍고 길이가 길다.

3.4.2 도관

대마의 줄기부분에 함유되어 있는 세포 중 도관은 식물체 내의 수분 통로와 물을 저장 공급해주는 기능을 갖는 세포이며, 형태는 Fig. 5와 같다.

도관은 기본적으로 세포벽이 얇으며 표면에는 벽공이 발달되어 있고, 다른 세포보다 큰 형태를 하고 있다. 도관은 여러 형태로 목질부에 존재하는데 그 형태가 Fig. 5에서와 같이 길이와 양단에 꼬리 모양이 부착된 것으로 A, B, C 타입으로 분류하였다.

A와 C는 도관 양단에 꼬리 모양이 없는 타입이고, C는 꼬리 모양이 붙어 있는 것이다. A의 도관은 길이가 짧고, C는 길이가 긴 타입이다. B는 A, C타입과는 달리 길이와 폭이 여러 종류이며, 양단이 꼬리 모양을 하고 있다.

각 타입별 도관의 크기는 폭이 약 100-640 ㎛, 길이는 약 150-700 ㎛ 범위(Table 1)로 그 크기가 다양하다.

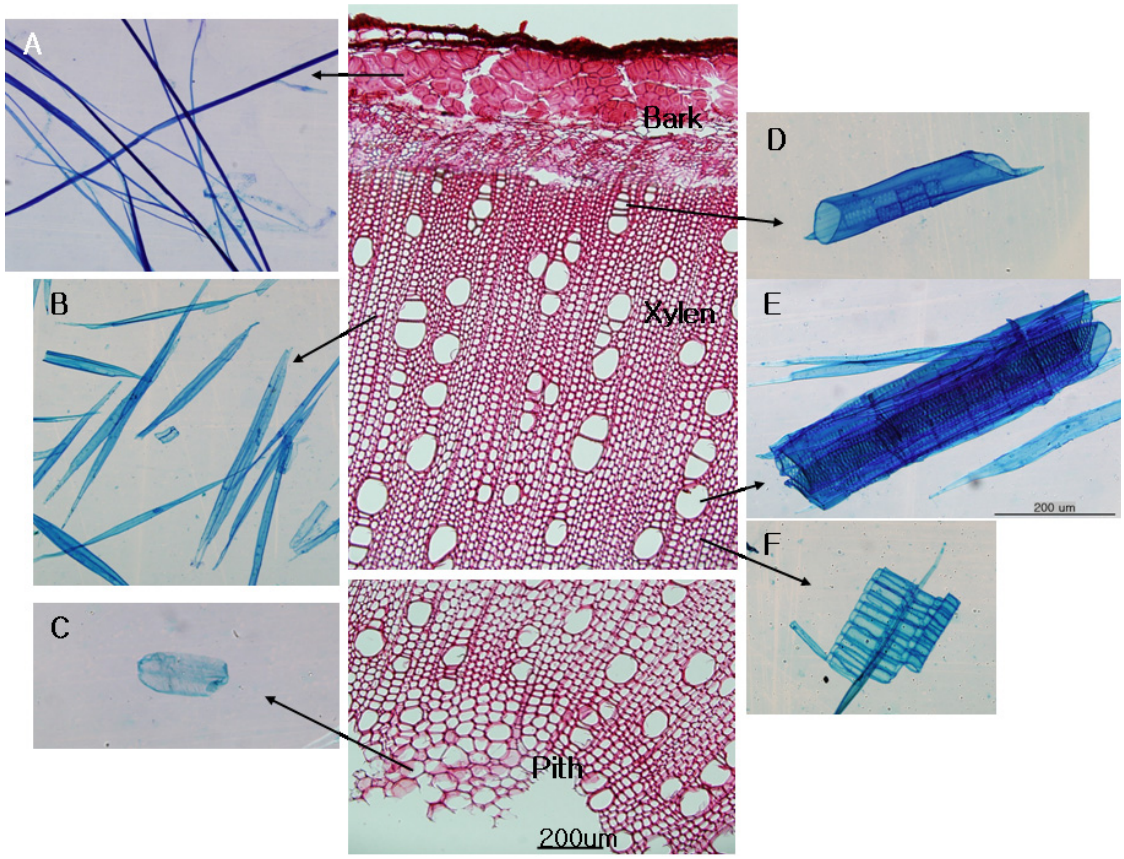
3.4.3 유세포

대마의 줄기부분에 함유되어 있는 유세포는 식물체가 필요로 하는 영양분을 저장 공급해주는 역할을 하는 세포이며, 형태는 Fig. 6과 같다.

3가지 타입으로 분류된 Fig. 6의 유세포 A와 B는 목질부에 존재하는 것이고, C는 수 부분에 존재하는 유세포이며, 수 유세포(pith parenchyma cell)의 세포막[8,9]은 매우 얇으며, 크기 및 모양이 목질부에 존재하는 유세포와 완전히 다른 형태를 하고 있다. A는 폭과 길이가 비슷한 형태이며, B는 폭보다 길이가 긴 유세포이다.

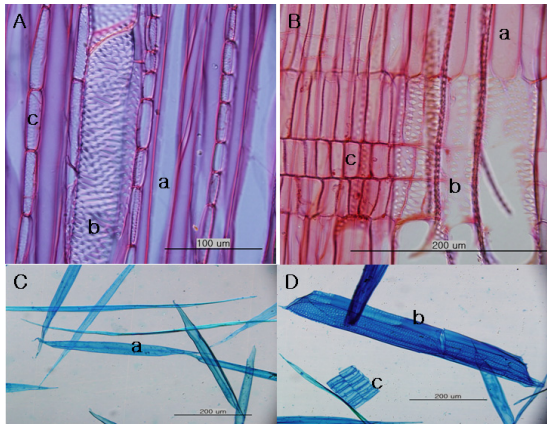
3.5 구성 세포의 크기

지금 까지는 대마의 3단면에서 관찰된 세포와 그 세포들을 슐츠용액으로 분리하여 광학현미경으로 각 형



A : Bast fiber, B : Wood fiber, C, F : Parenchyma cell, D, E : Vessel

Fig. 1. Light microscope photographs of the cross section of hemp.



a : Wood fiber, b : Vessel, c : Parenchyma cell

Fig. 2. Light microscope photographs of tangential(A) and radical section(B) in hemp.

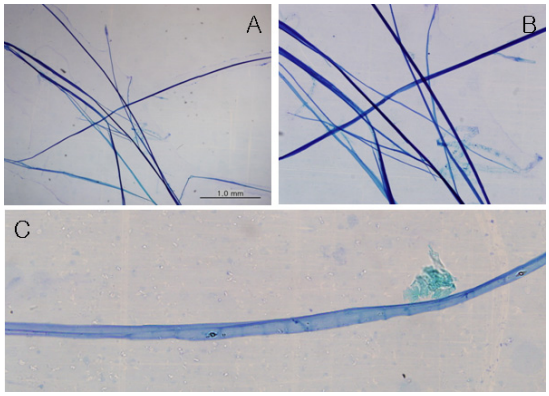


Fig. 3. Bast fiber in phloem of hemp.

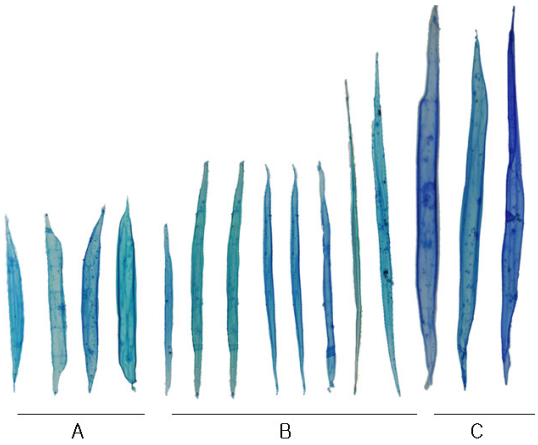


Fig. 4. Wood fiber in xylem of hemp.

Table 1. Width and length of cells in hemp

Cell	Width(㎛)	Length(㎛)
Bast fiber	30.5(25.6-36.2)	4420(3100-6000)
Wood fiber	38.9(19.2-43.0)	1000(500-2000)
Vessel	493.6(100.0-632.3)	600.0(150.0-700.7)
Parenchyma cell	26.4(20.2-40.5)	50(30-100)

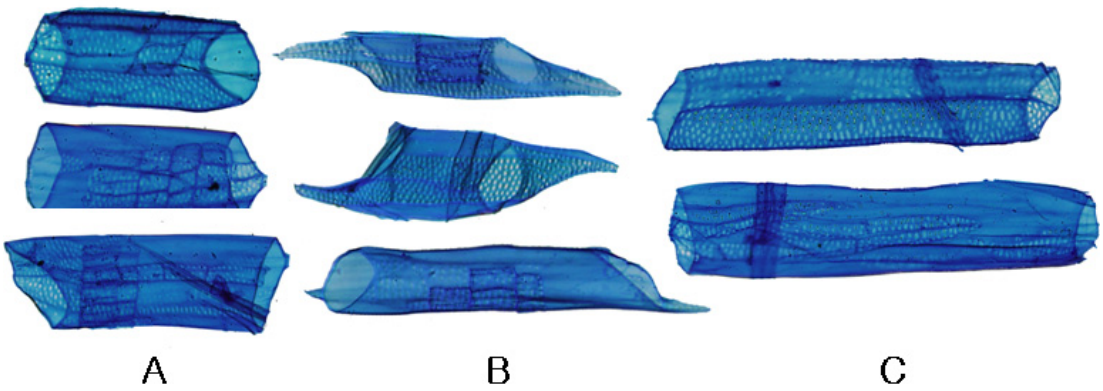


Fig. 5. Vessel in xylem of hemp.

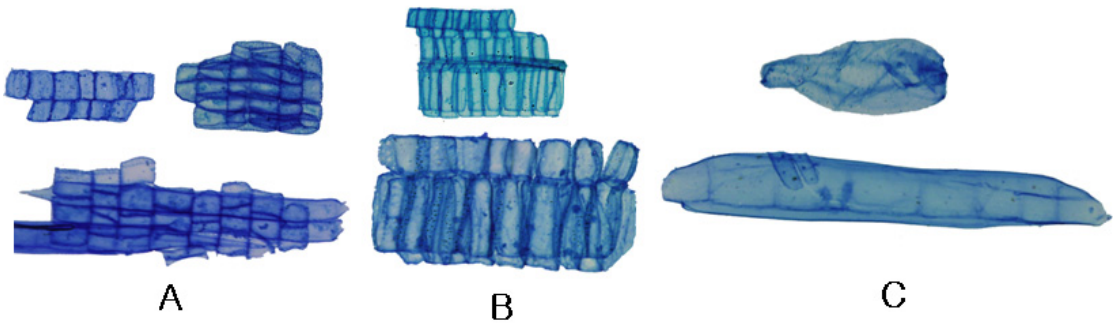


Fig. 6. Parenchyma cells in xylem of hemp.

태에 대하여 관찰되었다. 그 세포로부터 폭과 길이를 측정한 결과는 Table 1과 같다.

인피섬유의 폭은 평균 30.5 ㎛이고 25.6-36.2 ㎛ 범위이다. 길이는 평균 4.4 mm이고 3.1-6.0 mm의 범위였

다. 인피섬유 중에 섬유 길이는 85 mm나 되는 매우 긴 아마섬유가 있다고 보고[10]되었다.

목질부의 목부섬유는 인피섬유보다 작다. 폭은 평균 38.9 ㎛이고 범위는 19.2-43.0 ㎛이며, 길이는 평균 1000 ㎛ 범위는 500-2000 ㎛이였다. 도관의 폭은 평균 493.6 ㎛이며 그 범위는 100.0-632.3 ㎛이다. 길이는 평균 600.0 ㎛이고 150.0-700.7 ㎛ 범위였다. 유세포의 폭은 평균 26.4 ㎛이고, 20.2-40.5 ㎛의 범위이며, 길이는 평균 50 ㎛, 범위는 30-100 ㎛였다.

Maddern 등[11]은 대마의 섬유길이의 범위가 5-55 mm, 평균 폭은 25 ㎛로 보고하였다. 한편, 아바카의 섬유길이 2-12 mm, 섬유 폭 1960 ㎛로 Guzman 등[12]이 보고하였으며, Maddern 등[13]은 섬유 길이 6 mm, 섬유 폭 24 ㎛라고 보고되어 있다.

사 사

본 연구는 농림기술개발 과제(2008년)로 진행되었음.

4. 결 론

본 연구는 의복용 직물섬유, 종이 제조용 섬유로 사용되고 있는 대마 섬유에 대하여 효과적으로 이용하기 위한 기초 자료로 제공하고자 구성되어 있는 세포의 형상을 현미경으로 관찰한 결과는 다음과 같다.

1. 대마의 수피부는 피층유세포와 세포벽이 두꺼운 후박세포의 인피섬유가 존재하고, 목질부에는 도관, 목부섬유, 방사조직 등으로 구성되어 있다.

2. 고립관공과 방사복합관공이 존재하며, 분포형태는 방사공재 같지만 산공재에 가깝고 유세포는 단열방사조직, 박벽 방사유세포이다.

3. 목질부의 목질섬유는 세포 직경이 크고, 길이가 짧은 것과 긴 것, 직경이 작고 길이는 중간 정도인 3타입으로 분류할 수 있다.

4. 목질부의 도관은 길이가 중간 정도 인 것, 긴 것, 양단이 꼬리가 부착되어 있는 것의 형태를 하고 있었다.

5. 목질부에 존재하는 유세포와 수 유세포는 크기 및 모양에서 완전히 다른 형태를 하고 있다.

6. 인피섬유의 길이는 약 4.4 mm, 폭은 약 30.5 ㎛이며, 도관의 길이는 약 600.0 ㎛, 폭은 약 493.6 ㎛, 목부섬유의 길이는 약 1000 ㎛, 폭은 약 38.9 ㎛, 유세포의 크기는 약 50 ㎛, 폭은 약 26.4 ㎛이다.

인용문헌

1. 김순심, 양진숙, 최종명, 마와 인조섬유 교직물의 물성 및 태 평가, 한국의류학회지 24(6):828-837(2000).
2. 최희, 김용, 홍성학, 대마직물(안동포)의 방추가공에 관한 연구, 한국의류산업학회지 6(2):229-233(2004).
3. 문용호, 이봉호, 정병춘, 김용웅, 김길용, 대마 저마약형 신품종 청삼의 육성경위 및 주요특성, 한국국제농업개발학회지 14(2):119-126(2003)
4. 이영재, 마약류 범죄의 부작용에 관한 연구 -대마 범죄를 중심으로-, 원광대학교 정보복지 대학원, 석사논문:4-11(2003)
5. 조현진, 한지산업의 현황과 발전 방안, 한지산업 진흥 전문가 포럼, 4-16(2009)
6. 최태호, 조남석, 이상현, 오세궁, 황우림, 조항훈, 대마의 펄프화 및 해부학적 특성 분석, 한국펄프,종이공학회 2007 춘계학술발표논문집, 175-181(2007)
7. 이명구, 윤승락, 국내산 kenaf 이용에 관한 연구 -국내에서 재배한 kenaf의 생장 및 해부학적 특성-, 펄프・제지기술 35(4):68-74(2003)
8. 윤승락, Kenaf 구성 세포의 현미경적 관찰, 펄프・종이기술, 41(2):47-54(2009)
9. Hara Hiroshi, The Utilization Non-wood Fiber and the Subject to be Studied, Japan TAPPI 51(10):42-51 (1997)
10. Morimoto Masakazu, Utilization of nonwoog plant fibers for pulping -The status quo and future-, Japan TAPPI 51(6):65-84(1997)
11. Maddern Kenneth N. and Jim French, The potential application of non-wood fibres in papermaking:an Australian perspective, Appita 48(3):191-197(1995)
12. Guzman Zenaida I. de, Nora B. Berana and Antonio M. Reyes, Jr. Abaca, Kenaf and pineapple fiber for nonwoven fabrics, NSTA Technology Journal/ Jan.-Mar.: 77-87(1982)
13. Maddern Kenneth N. and Jim French, Papermaking Properties of Some Australian Non-Wood fibres, Appita 42(6):433-437(1989)