

# Kenaf 구성 세포의 현미경적 관찰

윤승락<sup>†</sup>

(2009년 4월 12일 접수:2009년 5월 29일 채택)

## Microscopic Observation of Kenaf by Optical and Scanning Electron Micrograph

Seung-Lak Yoon<sup>†</sup>

(Received April 12, 2009: Accepted May 29, 2009)

### ABSTRACT

Anatomical characteristics of kenaf were investigated in transverse, radial and tangential direction by optical and scanning electron micrograph. Kenaf was made up of bast fibers, wood fibers, vessels and parenchyma cells. Bast fibers were long slender cells with different types of pits. The shape of wood fibers were in various ways and pointed at the ends. The pits were observed on the surface of bast fibers. Kenafs were diffuse and radial porous. and composed of solitary pores and two or three radial pore multiples. Various types of vessels were observed. The pits showed alternate pitting and larger diameter than other cells. Parenchyma cells were rectangular or square with different shapes of pith parenchyma cells compared to conventional types of parenchyma cells in wood. The number of pith on the surfaces were small.

**Keywords :** *Kenaf, cell in kenaf, bast fiber, wood fiber, vessel, parenchyma cell*

### 1. 서론

Kenaf(양마)는 서아프리카 원산지이며 성장속도가 매우 빠르다. 그 것은 광합성 속도가 빠른 것을 의미하며, 다른 식물보다 이산화탄소 흡수량이 많아 환경 보호에도 유익한 식물<sup>1-3)</sup>로 알려져 있다. 국내에서 150일간 재배한 결과<sup>4)</sup> 길이가 최하 150 cm, 최고 480

cm로서 250-400 cm의 개체 분포가 높고, 평균 길이는 약 350 cm이었다. 근원경은 최하 10 mm, 최고 42 mm로서 20-30 mm의 개체 분포가 높고, 평균 근원경은 약 28 mm 이었다. 한편, Roger 등<sup>5)</sup>이 Wisconsin에서 재배한 Kenaf 길이가 20-400 cm, 근원경은 4-37 mm의 범위였다. 이 결과와 비교하면 국내에서의 성장량은 적은 양은 아니다. 그러나 일조량 부족 때문에 꽃은

• 진주산업대학교 인테리어재료공학과(Dept. of Interior Materials Engineering, Jinju National University, Jinju, 660-758 Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: slyoon@jinju.ac.kr

피지만 종자가 결실되지 않았다.

Kenaf의 섬유자원을 위한 국내 재배 실험은 Cho 등<sup>6)</sup>에 의해 중국 마쭈 연구소로부터 분양받아 국내에서 재배하여 생육상태 및 바이오매스 생산량 등에 대하여 검토하였다. 섬유자원의 이용에 대해서는 Kenaf 반화학펄프<sup>7)</sup>, TMP와 KP<sup>8)</sup>에 대한 연구가 있고, Kenaf 인피섬유를 한지 제조 원료로 이용하는 연구<sup>6,9,10)</sup>가 진행되었다. Kenaf에 대한 국내의 연구는 대부분 종이의 원료로 사용하기 위한 것이다.

국외에서는 제지용 원료 이외의 보드용<sup>11)</sup>, 면과 Kenaf 섬유 혼합하여 옷감용 천을 제조하는 연구<sup>12)</sup> 등이 진행되었다. 일본에서는 Kenaf 잎의 식품화, 줄기 부분의 버섯배지, 잎과 줄기의 반추용 동물의 조사료화, 흡수재료 등에 관한 연구가 진행되었고, 일부는 실용화되었다.

위에서 언급한 것과 같이 Kenaf 수피 및 코아 부위 섬유유의 유효이용을 위한 연구가 많이 진행되었지만 Kenaf를 구성하고 있는 세포에 대한 연구는 그다지 진행되어 있지 않다. Kenneth 등<sup>13,14)</sup>은 비목재 펄프에 대한 섬유 특성에 대한 연구에서 아바카, 마, 대나무, 갈대, Kenaf, 벚꽃 등의 섬유의 길이 및 폭과 광학현미경에 의해 관찰되었다. Hara<sup>15)</sup>는 비목재 섬유의 이용과 문제점에서 Kenaf의 구성 세포를 광학현미경으로 인피부 섬유, 목부섬유, 도관, 유세포를 종류별로 관찰하여 보고하였다.

전보<sup>16)</sup>에서는 국내에서 재배 생산된 케나프를 제지용 원료로 사용하기 위하여 TMP, CTMP (Bisulfite, Neutral sulfite)를 제조하여 펄프 내의 각 세포를 광학 현미경으로 관찰한 결과 폭이 좁고 길이가 긴 세포, 직사각형의 세포, 폭이 넓고 길이가 짧은 세포, 정사각형에 가까운 세포, 인피섬유 등 다양한 형태의 세포가 관찰되었다. 이에 본 연구에서는 Kenaf를 구성하고 있는 세포를 구명하기 위하여 3단면과 구성세포의 형태 등을 광학 현미경으로 관찰하고, 구성세포의 표면 상태는 전자 현미경을 이용하여 관찰하였다.

## 2. 재료 및 실험방법

### 2.1 공시재료

공시재료 Kenaf(*Hibiscus cannabinus L.*)는 종자 Tainung-2를 미국 Wisconsin 주의 Madison에 위치한 USDA로부터 분양받아 경남 진주시 가좌동 진주산업대학교 농장에서 재배하였다.

### 2.2 현미경 관찰용 시료 제작 및 관찰

광학현미경 시료는 Kenaf 줄기에 수피가 부착된 상태로 횡단면, 접선단면, 방사단면을 마이크로톰으로 15-30 $\mu$ m의 절편으로 제작하였다. 이 절편은 사프라닌액으로 염색하여 영구 프레파라트를 제작하였다. 광학 현미경을 이용하여 5배, 10배에서 관찰한 후 촬영하였다.

구성 세포의 관찰은 케나프 수피, 목부별로 술츠용액으로 해리시킨 후 메틸렌 블루 염색액으로 염색 후 광학 현미경을 이용하여 5배, 10배에서 관찰한 후 촬영하였다.

### 2.3 전자 현미경 관찰용 시료 제작 및 관찰

관찰용 시료 제조는 아세톤 시리즈에 의해 완전히 탈수한 후 백금을 사용하여 이온 코팅하여 전계 방사형 주사전자현미경 (Field Emission Scanning Electron Microscope, JEOL/JSM-6701F)을 사용하여 관찰하였다. 관찰 조건은 분해능이 1 nm (15 kV)/2.2 nm(1 kV), 관찰비율은  $\times 100$  (WD 25 mm)- $\times 650,000$  (WD 8 mm), 가속전압은 0.5-30 kV, 전자총 형식은 Field Emission Gun with Cold Cathod 이었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Kenaf의 3단면 관찰

Kenaf 줄기에 수피가 부착된 상태로 횡단면, 접선단면, 방사단면을 마이크로톰으로 15-30  $\mu$ m의 절편을 제작하여 관찰 후 촬영한 사진이 Figs. 1, 2이다.

Fig. 1의 A는 Kenaf 줄기와 수피까지의 횡단면 사진이다. Fig. 1의 B는 A의 수피부분을 확대 촬영한 사진으로 세포벽이 두꺼운 인피섬유가 분포되어 있다. Fig. 1의 C는 A의 목질부분을 확대 촬영한 사진으로

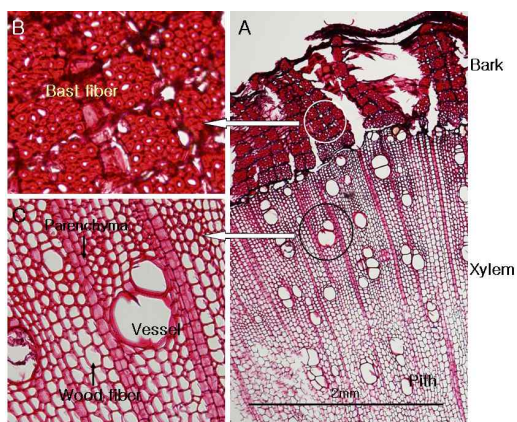


Fig. 1. Optical micrographs of cross section in kenaf.

목부섬유, 도관, 유세포로 구성되어 있다. 횡단면상에서 나타난 관공은 산공재, 방사공재의 형태이다. 도관은 고립관공과 2-3개가 방사방향으로 복합된 관공이 분포되어 있다.

Hara<sup>15)</sup>는 형태가 다르지만 Kenaf를 구성하고 있는 세포를 크게 인피섬유, 목부섬유, 도관, 유세포로 구분하였다. Fig. 1의 Kenaf 줄기와 수피에 구성되어 있는 세포를 술츠용액으로 헤리시커 광학현미경과 전자현미경으로 관찰하였다. Fig. 2는 Kenaf 줄기의 접선단면(A), 방사단면(B)이다.

### 3.2 Kenaf 수피부의 인피섬유 관찰

Kenaf 전체 중 수피가 차지하는 비율은 31.9%<sup>4)</sup>, 15.0%<sup>5)</sup>로 보고되어 있고, 이 섬유는 인피섬유라 하며 제지용 원료로 많이 사용되고 있다. 수피부의 횡단면과 헤리시킨 인피섬유가 Fig. 3과 같다.

Fig. 3의 A는 수피부 횡단으로 섬유벽이 두껍고 세포내강이 좁은 세포이다. 그것을 술츠용액으로 헤리시커 광학현미경으로 관찰된 것이 B이다. 인피섬유의 형태는 B의 사진에서와 같이 폭이 좁고 길이가 매우 긴 세포이다. 그 인피섬유의 길이 및 폭은 Cho 등<sup>6)</sup>이 2.2 mm, 폭 17.2  $\mu$ m라고 보고하였고, Roger 등<sup>5)</sup>은 섬유길이는 3.3 mm 되는 매우 긴 것도 있다고 보고하였다.

Fig. 3에서 관찰된 인피섬유를 전계방사형 주사전자현미경으로 관찰한 것이 Fig. 4와 같다. Fig. 4의 A는 섬유표면에 벽공이 존재하지 않는 부분을 촬영한

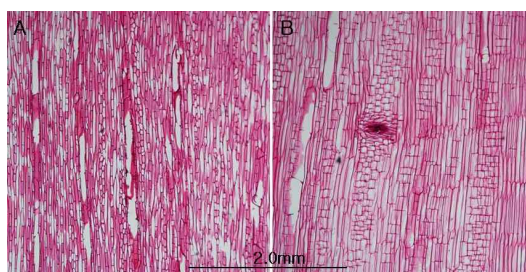


Fig. 2. Optical micrographs of tangential(A) and radial section(B) in kenaf.

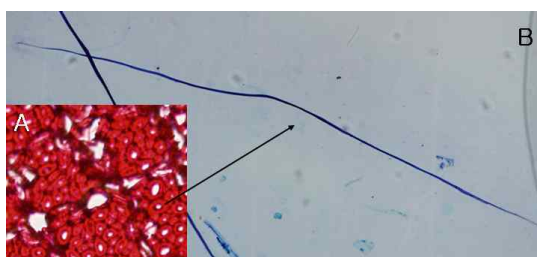


Fig. 3. Optical micrographs of cross section(A) and bast fiber(B) in bark of kenaf.

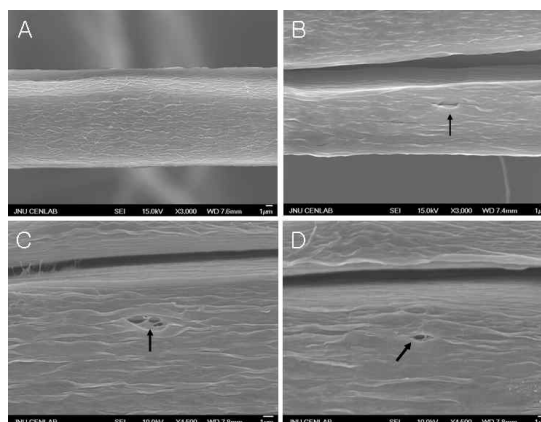


Fig. 4. Scanning electron micrographs of bast fiber in bark of kenaf.

것이고 B, C, D와 벽공이 존재하는 부분을 촬영한 것이다. B, C, D에 나타난 벽공의 형태는 다양하게 관찰되었다.

### 3.3 목질부의 목질섬유, 도관, 유세포 관찰

목질부 횡단면 상에서 보이는 세포와 그 조직을 분

리시켜 관찰된 세포와 비교하여 나타낸 것이 Fig. 5와 같다.

Fig. 5의 왼쪽사진이 Kenaf 목질부의 횡단면 사진이고, 오른쪽 사진은 Kenaf 목질부에서 분리된 세포를 광학현미경으로 촬영한 것이다. Fig. 5의 A와 B는 도관, C는 목부섬유, D는 유세포이다. 이 세포들에 대하여 하나씩 광학 및 전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

3.3.1 목부섬유

Fig. 6은 목부섬유의 광학현미경 사진이다. 관찰된 목부섬유는 A와 같이 양단이 뾰족하게 되어 있는 것이 대부분이고 형태적으로 약간 다른 B와 같은 목부섬유도 관찰되었다. B의 목부섬유의 경우는 양단의 뾰족한 것이 매우 길게 되어 있다.

Kenaf의 목부섬유는 기본적으로 A의 형태에 양단의 길이에 따라 다양한 모양과 크기의 세포가 관찰되었다.

Fig. 7은 목부섬유의 전자현미경 사진이다. Fig. 7의 1의 사진 상에서 A는 건전한 목부섬유이고, B의 절단된 목부섬유이다. A, B 목부섬유의 표면을 확대 관찰한 것이 1의 사진 아래의 A, B이다. A, B 섬유 모두 표면에 주름이 잡혀 있다. 이것은 섬유표면이 매우

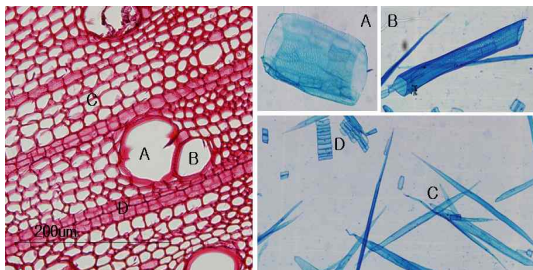


Fig. 5. Optical micrographs of cross section and vessel(A, B), wood fiber(C) and parenchyma cell(D) in xylem of kenaf.

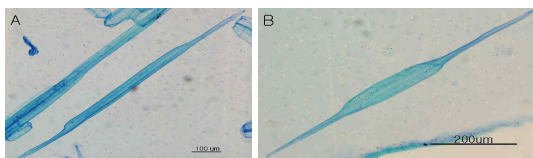


Fig. 6. Optical micrographs of wood fiber in xylem of kenaf.

매끄러운 인피섬유와 다른 양상을 보이고 있다.

Figs. 6, 7에서 섬유표면에서 벽공이 발견되지 않았지만 Fig. 8의 목부섬유는 벽공이 존재하고 있다. Fig. 8에서의 A는 430배에서 관찰된 것이고, B는 1000배, C는 3000배에서 관찰한 것으로 화살표시 부근에 벽공이 관찰되었다. C에서 화살표시 a 부분의 벽공을 9000배열로 확대하여 관찰한 것이 D이다.

목본류에서 벽공의 분야<sup>17)</sup>를 window-like pit, pinoid pit, taxodioid pit, cupressid pit, piceoid pit로 구분되어 있다. 전자현미경에 의해 관찰된 벽공은 대부

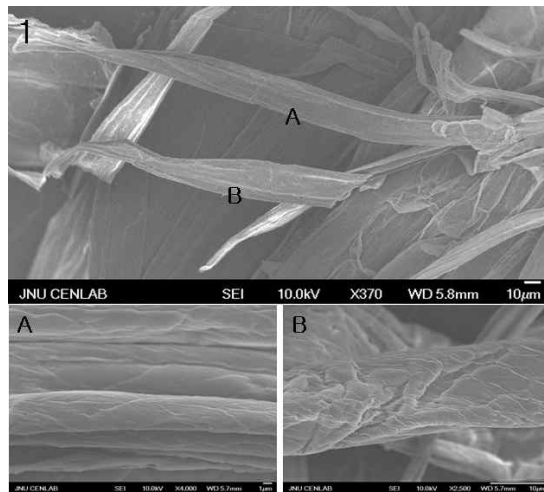


Fig. 7. Scanning electron micrographs of wood fiber in xylem of kenaf.

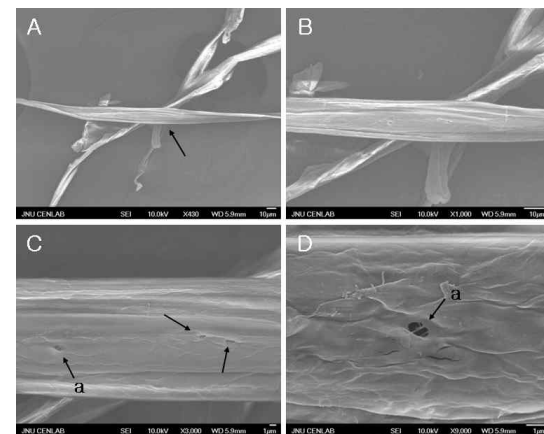


Fig. 8. Scanning electron micrographs of surface and pit of wood fiber in xylem of kenaf.



분 원형의 pinoid pit, taxodioid pit, cupressid pit라고 추정되지만, Fig. 8의 D의 벽공(화살표시 a)은 벽공의 입구가 다른 타입으로 관찰되었다.

### 3.3.2 도관

Kenaf 목질부에 존재하는 도관은 Fig. 9에서와 같이 여러 형태의 것이 관찰되었다. 도관은 물을 저장 공급하는 기능을 갖고 있기 때문에 벽공이 다수 존재하고 있다.

Fig. 9의 A는 도관경이 큰 크기에 입구에서 길게 꼬리 부분이 부착되어 있는 형태이고, B는 A 도관과 비슷한데 향아리 모양을 하고 있다. C는 관찰된 도관 중에 도관경이 작지만 길이가 긴 형태이다. D의 도관은 C의 도관과 같은 모양이지만 직경, 길이가 크다. 한편 Fig. 9의 사진 상에서 도관은 세포벽이 얇고 벽공이 매우 많이 존재하여 그물망과 같은 형상을 하고 있다.

목본류 활엽수재의 도관 직경<sup>18)</sup>은 매우 작음(25  $\mu\text{m}$ ), 약간 작음(25-50  $\mu\text{m}$ ), (50-100  $\mu\text{m}$ ), 중간(100-200  $\mu\text{m}$ ), 약간 큼(200-300  $\mu\text{m}$ ), 큼(300-400  $\mu\text{m}$ ), 대단히 큼(400  $\mu\text{m}$  이상)으로 구분되어 있다. 본 실험에서 관찰된 가장 큰 도관(Fig. 9의 B)의 직경이 약 200 이상으로 약간 큰 도관이다.

도관은 세포벽이 얇고 벽공이 매우 많이 존재하여 그물망과 같은 형상을 하고 있는 것을 광학현미경으로 관찰되었다. 도관의 표면 및 벽공에 대하여 전자현미경으로 관찰한 것이 Figs. 10, 11 이다.

Fig. 10은 도관의 전자현미경 사진이다. A는 500배에서 관찰된 것이고, B는 1400배에서 관찰된 것이다. 사진에서와 같이 도관의 세포벽<sup>15)</sup>이 얇기 때문에 대부분 접힌 상태로 관찰되었다. 그래서 Fig. 11와 같이 결속섬유 중에서 도관을 관찰하였다.

Fig. 11의 1은 Fig. 9의 A, B 타입이고, 2는 Fig. 9의

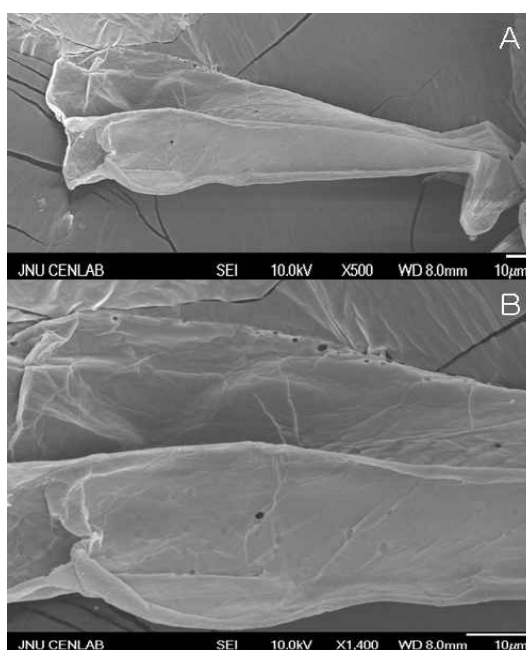


Fig. 10. Scanning electron micrographs of vessel in xylem of kenaf.

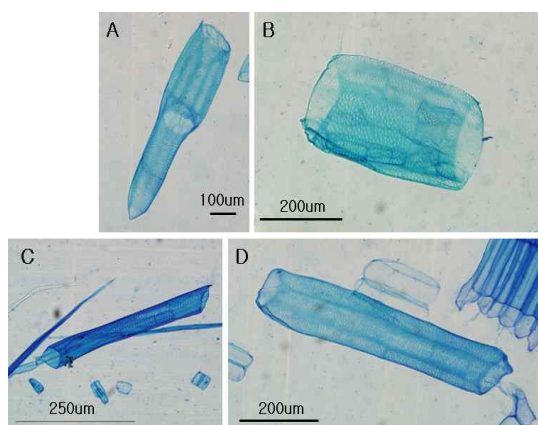


Fig. 9. Optical micrographs of vessel in xylem of kenaf.

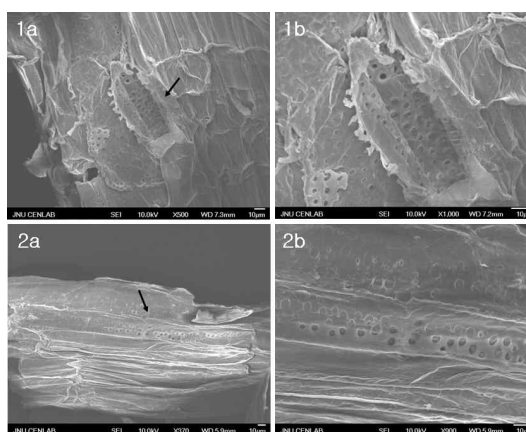


Fig. 11. Scanning electron micrographs of surface and pit of vessel in xylem of kenaf.

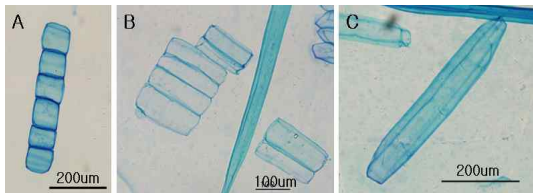
C, D 타입이다. 1(a 500배, b 1000배)은 원통형의 도관이 파괴되어 내부가 관찰되었다. 2(a 370배, b 900배)의 도관은 파괴되지 않은 표면이 관찰되었다. 도관에는 다수의 벽공이 존재하고 있다.

Fig. 11에서 관찰된 벽공의 배열은 목본류의 활엽수재 도관의 상호벽공<sup>19)</sup>과 동일하였다. 한편, 도관의 형태 및 크기가 다양하였다.

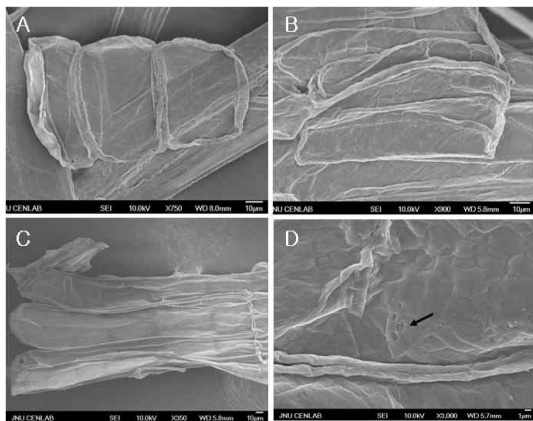
**3.3.3 유세포**

Kenaf 목질부에 존재하는 유세포는 Fig. 12에서와 같이 정사각형(A)의 것과 장방형(B, C)인 것이 관찰되었다.

A의 도관은 목본류에서 관찰되는 도관과 유사하지만, B의 도관은 장방형으로 목본류에서 흔하지 않는 유세포이다. C는 A와 B의 유세포와 형태적으로 완전히 다른 유세포로서 수에 존재하는 세포이다. Hara<sup>15)</sup>는 수 유세포(pith parenchyma cell)의 세포막이 매우 얇다고 보고하였다.



**Fig. 12. Optical micrographs of parenchyma cell in xylem of kenaf.**



**Fig. 13. Scanning electron micrographs of parenchyma in xylem of kenaf.**

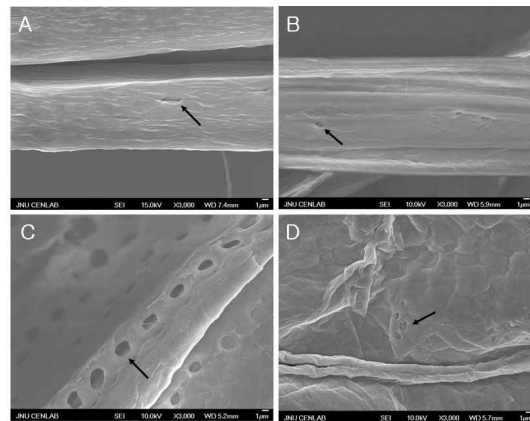
유세포는 영양분을 저장, 공급하는 세포로서 식물체 내에 존재하는 다른 세포와 상이한 형태로 존재하고 있다. Fig. 12에서 정사각형(A)의 것과 장방형(B, C)인 것이 관찰되었다. 그 유세포를 전자현미경으로 관찰한 것이 Fig. 13이다.

Fig. 13의 A는 Fig. 12의 A 타입이고, Fig. 13의 B는 Fig. 12의 B 타입, 13의 C는 Fig. 12의 C 타입이다. 사진 상에서와 같이 유세포도 세포벽이 얇기 때문에 접혀 있는 상태로 관찰되었다. 한편, 유세포 표면에서 Fig. 13의 D에서와 같이 벽공(화살표시)의 존재가 관찰되었다. 벽공의 수는 도관에 비해 적게 분포되어 있다.

Kenaf를 구성하고 있는 세포는 종류, 형태적으로 매우 다양하게 관찰되었다. Yoon 등<sup>20)</sup>이 보고한 Kenaf TMP, CTMP의 섬유분포는 길이의 범위가 0.1-3.2 mm이며, 0.1-1.0 mm의 분포가 높고, 1.0-2.5 mm는 소량 분포되어 있다. 이 결과와 비교 검토하면 단섬유는 대부분 유세포이고, 중섬유는 목부섬유, 장섬유는 인피섬유로 추정된다. 이 결과에서 Kenaf를 구성하고 있는 세포는 유세포와 도관이 가장 많고, 그 다음 목부세포, 인피섬유의 순이라 추정되고 있다.

**3.4 인피섬유, 목부섬유, 도관, 유세포에 존재하는 벽공의 비교**

인피섬유(Fig. 4), 목질섬유(Fig. 8), 도관(Fig. 11), 유세포(Fig. 13)에 벽공이 관찰되었다. Kenaf를 구성하고 있는 세포들은 저마다의 기능과 역할이 다르기



**Fig. 14. Pit size comparison of bast fiber(A), wood fiber(B), vessel(C) and parenchyma cell(D).**

때문에 형태적, 구조적으로 다르다. 그 중 각 세포에 존재하는 벽공을 비교한 것이 Fig. 14이다.

Fig. 14의 A는 인피섬유, B는 목부섬유, C는 도관, D는 유세포의 표면을 3000배에서 관찰한 것이다. 각 세포에 존재하는 도관(화살표시 부분)의 크기를 비교하기 위하여 모두 일정 배율(3000배)에서 촬영하였다.

사진 상에서 도관의 벽공이 가장 크게 관찰되었고, 가장 작은 도관을 갖고 있는 세포는 목부섬유였다. 한편, 인피섬유와 유세포의 벽공은 비슷한 양상으로 관찰되었다.

## 4. 결론

Kenaf를 구성하고 있는 세포를 구명하기 위하여 3 단면과 구성세포의 형태 등을 광학 현미경으로 관찰하고, 구성세포의 표면 상태는 전자 현미경을 이용하여 관찰한 결과는 다음과 같다.

1. Kenaf 줄기와 수피까지의 횡단면상에서 인피섬유, 목부섬유, 도관, 유세포로 구성되어 있는 것이 관찰되었다. 관공은 산공재, 방사공재이며, 도관은 고립관공과 2-3개가 방사방향으로 복합된 관공이 분포되어 있다.

2. 인피섬유는 폭이 좁고 길이가 매우 길고, 섬유표면에 벽공이 관찰되었고, 벽공의 형태는 여러 타입이 있었다.

3. 목부섬유의 형태는 기본적으로 양단이 뾰족하게 되어 있고, 그 형태가 다양하고 표면에서 벽공이 관찰되었다.

4. 도관은 여러 종류가 관찰되었고, 도관에 존재하는 벽공은 교호벽공 배열이며, 크기는 타 세포보다 컸다.

5. 유세포 정사각형의 것과 장방형인 것이 관찰되었고, 목본류 유세포와 형태적으로 상이한 수 유세포가 존재하고 있다. 표면에 벽공의 존재가 확인되었고, 그 수는 적게 분포되어 있었다.

## 사사

본 연구는 진주산업대학교 종실연구장학재단의

연구비(2008)에 의해 진행되었음.

## 인용문헌

1. Hovermale, C. H., Effect of row width and nitrogen rate on biomass yield of kenaf, Proc. Fourth Int. Kenaf Crop., Int. Kenaf Assoc. Ladonia, TX:35-40(1993).
2. Morimoto, M. K., Eco-pulping of kenaf fiber, J. Japan TAPPI, 45(5):49-53(2002).
3. Tanaka, N., Kuraye, T., Kayanuma, H., and Yokoyama, H., Use and research of kenaf as a paper making material, Annals of the High Performance Paper Society, 33:48-54(1994).
4. Lee Myoung-Ku and Seung-Lak Yoon, Utilization of Kenaf Cultivated in Korea( I ) - Growth and Anatomical Characteristics of Kenaf Cultivated in Korea-, Journal of Korea TAPPI 35(4):68-74(2003).
5. Roger M. Rowell and James S. Han, Changes in kenaf properties and chemistry as a function of growing time, Kenaf properties, Processing and products:33-41(1999).
6. Cho Nam-Seok and Tae-Ho Choi, Manufacturing of Korea Traditional Paper(Hanji) from Fast-Growing New Fiber Plant, Kenaf(Hibiscus cannabinus), Journal of Korea TAPPI 28(4):7-16(1996).
7. Tan Guo-Min and Nam-Seok, Optical Property of Chemimechanical Pulp Sheet from Fast-Growing kenaf, Journal of Korea TAPPI 29(2):25-35(1997).
8. Lee Myoung-Ku and Seung-Lak Yoon, Utilization of Kenaf Cultivated in Korea( II ) - Physical Properties of kenaf TMP and KP-, Journal of Korea TAPPI 39(4):45-52(2007).
9. Pang Myong-Hyeok, Jong-moon Park and Nam-Seok Cho, Analysis of Handsheet properties of kenaf Bast and Core Blended Pulps, Journal of Korea TAPPI 31(2):70-76(1999).
10. Cho Nam-Seok, Hanji manufacturing form Bast Fiber of kenaf, Hibiscus cannabinus, Journal of Korea TAPPI 40(4):1-9(2008).
11. Terry Sellers Jr., George D. Miller and Marty J. Fuller, Kenaf Core as a Board Raw Material, A Summary of kenaf Production and product Development Research 1989-1993:28-29(1993).
12. Gita N. Ramaswamy and Catherine R. Boyd, Kenaf as

- a Textile Fiber: Proceeding, Fiber Quality, and Product Development, A Summary of kenaf Production and product Development Research 1989-1993:31-33 (1993).
13. Kenneth N. Maddern and Jim French, Papermaking Properties of Some Australian Non-Wood Fibres, *Appita* 42(6):433-437(1989).
  14. Kenneth N. Maddern and Jim French, The potential application of non-wood fibres in papermaking:an Australian perspective, *Appita* 48(3):191-196(1995).
  15. Hara Hiroshi, The Utilization Non-wood Fiber and the Subject to be Studied, *Japan TAPPI* 51(10):42-51 (1997).
  16. 윤승락, 김사익, 조중수, 노정관, 나중범, 김동귀, 최길동. 케나프 TMP, CTMP의 섬유 특성, *진주산업대학교 산업과학기술연구소보* 14:233-242(2007).
  17. 島地 謙 外 6人, 木材の構造, 文永堂, 37-43(1985).
  18. 島地 謙 外 6人, 木材の構造, 文永堂, 53-67(1985).
  19. 박상진, 이원용, 이필우. 목재조직의 도해, 정민사, 36-37((1981).
  20. Yoon Seung-Lak, Yasuo Kojima, Dong-Ha Cho, Nam-Hum Kim, Min-Joong kim and Myoung-Ku Lee. Physical and Fiber Properties of TMP and CTMP form Kenaf Cultivated at Reclaimed Land of Korea, *2006 Pan Pacific*:373-379(2006).