

# 지구온난화 방지 및 농산촌 소득증대를 위한 새로운 속성 섬유자원 개발

## I. 속성 섬유자원 양마와 어저귀의 건물생산성

정승근\* · 조동삼\* · 조남석\*\*

(\*충북대학교 농학과, \*\*충북대학교 임산공학과)

### Development of New Fast Growing Fiber Sources for Protection of Global Warming and Increment of Agricultural Farm Incomes

#### I. Productivity of Kenaf and Indian Mallow as Fast Growing Plant Fiber Sources

Seung-Keun Jong\*, Dong-Sam Cho\*, Nam-Seok Cho\*\*

\*Dept. of Agronomy, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

\*\*Dept. of Forest Products, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

### 적 요

생장속도가 빠르고 단위 면적당 Biomass의 생산량이 많아서 탄산가스의 고정을 통한 지구환경의 보존과 비목질계 섬유자원으로서의 이용가능성을 검토하기 위하여 양마 두 품종(청도종, 남경종)과 어저귀를 파종기와 재식밀도를 달리하여 시험한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 양마의 경장은 품종이나 파종기간에는 차이가 있었지만 재식밀도간에는 유의한 차이가 인정되지 않았고, 경태는 재식밀도가 높아질 수록 감소하였다. 육묘재배와 직파재배간에 경장과 경태의 차이는 크지않았다.
2. 양마의 청도종은 개화하지 않았고 남경종은 9월 20~28일에 개화하였으나 종자의 성숙이 불가능하였으며, 어저귀는 8월 중순부터 개화하여 성숙된 종자가 생산되었다.
3. 파종을 늦게하였을 때는 개체의 생육량이 크기 감소하여 6월 1일 파종의 평균경중은 5월 9일 파종의 61%였다.
4. 청도종과 남경종 모두 재식밀도가 높아질 수록 한 개체의 생중과 건물중이 감소하였다. 품종간에는 청도종이 남경종에 비하여 생중과 건물중이 모두 무거웠다.
5. 재식밀도가 낮을 수록 잎과 분지중의 비율이 높았는데 이러한 결과는 재식밀도가 낮을 수록 분지가 많아서 엽수가 증가하였기 때문이었다.
6. 양마의 수량은 5월 9일 파종이 6월 1일 파종보다 수량이 많았으며, 재식밀도가 높아질 수록 증가하여 11,000개/10a의 재식밀도에서 경수량이 청도종은 2,445kg, 남경종은 1,917kg이었다.

7. 청도종은 직파하였을 때의 수량이 많았는데 비하여 남경종은 이식재배하였을 때의 수량이 많아서 품종간에 재배방법에 대한 반응이 일치하지 않았다.
8. 어저귀의 생육과 수량도 양마와 비슷한 경향으로 6월 1일 파종이 5월 9일 파종보다, 그리고 재식밀도가 높아질 수록 경장과 경태가 크게 감소하였다.
9. 어저귀의 수량은 5월 9일 파종에서는 11,000개/10a의 재식밀도에서 1,430kg/10a로 청도종보다는 낮았고 남경종과는 비슷하였으나 6월 1일 파종에서는 216~525kg /10a로 어느 재식밀도에서나 양마에 비하여 수량이 적었다.
10. 양마에서 재식밀도는 개체중과는 부의 상관을 그리고 경수량과는 정의 상관을 보였으며, 생개체중과 건조개체중간에는 정의 상관성이 있었다.

## I. 서론

대기권의 탄산가스 축적에 따른 온실효과의 가속화는 가장 심각한 지구환경 파괴의 주범으로 인정되고 있다. 탄산가스의 축적을 방지하기 위해서는 탄산가스의 발생을 줄이고, 산림의 황폐화를 방지하는 것과 함께 Biomass의 생산을 통한 탄산가스의 고정량을 증가시킬 필요가 있다. 따라서 생장속도가 빨라서 단위면적당 Biomass의 생산량이 많고 동시에 이용성이 높은 새로운 자원植物을 개발하는 일이 중요하다. 따라서 山林資源의 감소 예방과 지구의 환경보존을 위해서 생장이 빠르고 펄프資源材로 활용할 수 있는 非木材資源으로서의 纖維作物 도입은 일석이조의 효과를 가져올 수 있을 것이다. 洋麻(*Hibiscus cannabinus* L.)의 목셀룰로스 1톤을 생산하는 데는 탄산가스 1톤을 흡수하므로 이러한 목적에 알맞는 纖維作物이다<sup>10)</sup>. 또한 불량한 환경조건에서도 생육이 왕성한 어저귀(*Abutilon avicennae* Gaertn) 또는 靑麻도 洋麻와 같은 목적으로 재배할만한 가치가 있을 것으로 생각된다.

양마는 무궁화과에 속하는 1년생 초본식물로 원산지는 남아메리카인데 북위23~37도 부근의 지구전체에서 발견된다. 양마의 섬유는 기원전 4,000년경 에집트에서 미이라를 싸는데 사용되었고, 지금까지 주로 로프나 푸대를 만드는데 이용되었으며, 종이원료로서의 사용은 최근 미국 農務省에서 농산물을 混合材料로 사용한다는 계획을 세운것이 그 嚆矢이다<sup>10)</sup>. 우리나라에서의 양마재배는 그 기원이 확실하지 않으나 예로부터 農地의 변두리에 재배하여 이용하여 온 것

으로 기록되고 있다<sup>6)</sup>. 확실한 기록은 1926년에 木浦棉作支場에 도입된 적이 있으나 섬유용으로 재배하기 위한 것이 아니었다. 한편, 和田<sup>18)</sup>은 우리나라의 양마재배가 1935년 日本 京都大學으로부터 水原農事試驗場에 도입되어 試驗栽培된 것이 그 효시라고 하였다. 그 후 1942년과 1943년에 忠南農事試驗場에서 播種期 試驗과 栽培適應試驗을 하였다. 作物試驗場에서는 1960년에 외국으로부터 양마품종을 도입하여 木浦支場에서 試驗栽培하고, 品種改良 및 栽培法 시험을 실시후 1974년에 農家實證試驗을 하였으나 농가에서 널리 재배되지 못하였다.

최근에 양마는 목재펄프의 代替原料로 그 이용이 증가되고 있으나, 表皮纖維는 로프를 만드는 데, 속은 가축의 깔짚으로, 그리고 未熟植物體는 靑刈飼料로서도 이용된다. 양마는 품종들의 생태적 특성, 생육 및 수량성에 큰 차이가 있다. Rossi 등<sup>15)</sup>은 이태리에서 60개의 양마품종을 비교한 결과 莖長은 190~370cm, 한 개체의 무게는 0.2~2.3kg, 속과 겉질의 비율은 1.2~2.5, 개화기는 파종후 59~130일이라고 하였다. 總乾物生産量은 품종에 따라서 1,200~1,800kg/10a의 범위였다. 미국에서는 건물수량이 13~15톤/ha당이면 경제성이 있다고 하며, 중국에서는 15~16톤/ha이면 경제성이 있다고 한다<sup>10)</sup>.

양마의 日長感應性は 재배와 非開花性 품종의 遺傳資源 보존에서 고려되어야 할 사항으로 지적되고 있다. 양마는 남방형과 북방형의 생태형이 분화되어 있는데, 북방형 양마는 일장에 둔감하여 우리나라에서 開花結實이 되지만 섬유의 수량이 적고 탄저병에 약하여 재배가 어려우며, 남방형 양마는 수량이 북방형보다 3~4배 많고 탄저병에 강하나 日長에 예민하

기 때문에 개화결실이 어려워 종자생산이 안 되므로 재배가 곤란하다<sup>11,12)</sup>. 이태리의 두 지역에서 시험한 결과를 보면 시험한 품종의 25~29%가 개화를 하지 않았다<sup>7,8,9,13,14,15,17)</sup>. 이태리에서 양마의 종자생산량은 평균 150kg/10a이었으며, 품종에 따라서는 250kg/10a에 달하는 것도 있으나, 수확전에 開裂되어 脫粒되는 경우도 있다. 차과 金<sup>11)</sup>은 제주도에서 양마의 채종량이 품종에 따라서 79~108kg/10a에 달하여 채종적지라고 하였다.

최고수량을 얻기위한 양마의 적정 재식밀도는 재배환경이나 품종에 따라서 다르다. 미국 Maryland와 Georgia에서의 시험결과 양마의 수량은 9,900~39,500개/10a의 범위에서 재식밀도가 높아질 수록 증가하였다<sup>5,19)</sup>. Nebraska에서는 양마품종 Everglade-41이 26,900개/10a에서 최고수량을 보였으나, Florida에서는 같은 품종의 纖維含量과 乾物生産量이 栽植密度 50,000개/10a 보다 100,000개/10a에서 많았다. 재식밀도는 품종간에도 차이가 있어 생육이 왕성한 Taninung-1은 37,000개/10a에서 가장 수량이 많았으나, 생육정도가 적은 Cuba-232는 50,000개/10a에서 가장 수량이 많았다<sup>3)</sup>. 한편, Sudan에서는 양마의 수량이 畦幅 20cm와 재식밀도 25,000개/10a 또는 畦幅 30cm와 재식밀도 50,000개/10a에서 가장 높았다<sup>16)</sup>. 한편 播種期에 따른 양마의 수량은 시험결과가 일정하지 않다. White 등<sup>19)</sup>은 양마의 파종이 늦었을 때 보다는 일찍 파종하였을 때 수량이 많았다고 하였으나, Adamson 등<sup>1)</sup>은 Georgia와 Maryland에서 4월 상순과 5월 중순까지의 파종에서 乾物生産量이 거의 비슷하였다고 하였다. 한편, Campbell과 White<sup>3)</sup>는 양마의 莖長이 파종기에 따라서 차이가 없다고 하였으며, 정규용 등<sup>4)</sup>도 파종기가 따른 양마의 莖長은 차이가 없었으나 纖維比率와 纖維強度는 큰 차이가 있다고 하였다.

어저귀는 인도의 신드 및 캐쉬미르지방이 원산으로 믿어지며, 주산지는 중국인데 특히 만주에서 많이 재배되는 작물로 알려져 있다<sup>6)</sup>. 어저귀도 양마와같이 무궁화과에 속하는 1년생 초본식물로 단일성 식물이다. 줄기는 2~3m에 달하며, 줄기의 색에 따라서 백경종과 적경종으로 구분하는데 백경종이 초장이 크고 섬유의 수량도 많은 것으로 알려져 있다. 어저귀는 밧줄을 만드는 데 주로 이용되는데 품질이 떨어지기 때문에 황마와 섞어서 사용한다. 우리나라에서는 1940년대까지는 일부 재배가 되었으나 근래에는 거의 잡초화되었다.

본 시험에서는 洋麻와 어저귀를 재배하고, Biomass의 생산능력을 조사하므로서 임목을 대체할 수 있는 纖維資源으로서의 활용가능성과 대기환경의 보전에 대한 기여 가능성을 검토하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

본 시험은 1994년에 충북대학교 농과대학 실험농장에서 실시하였다. 시험 I에 供試한 재료는 중국에서 도입한 洋麻 남경종과 청도종 및 국내 수집종인 어저귀였다. 파종기는 5월 9일과 6월 1일이었으며, 재식밀도는 휴폭을 40cm로 고정하고 주간을 5cm, 7.5cm, 10cm, 12.5cm 및 15cm로 하여 10a당 17,000 50,000개체가 栽植되도록 하였다. 施肥는 질소-인산-칼리 = 20-10-10kg/10a의 비율로 복합비료(17-20-17)와 요소와 중과석을 사용하였는데 질소의 1/2은 追肥를 하였다. 또한 유기질비료를 10a당 1,000kg의 비율로 播種前에 주었다. 시험구는 洋麻와 어저귀를 각각 播種期別로 亂塊法 2반복으로 배치하였다.

시험 II에서는 양마의 두 품종을 4월 20일에 播種하여 育苗移植한 것과 5월 6일에 直播하여 재배한 것을 비교하였다. 재식밀도는 휴폭을 40cm 株間을 10cm(25,000개/10a)로 하였다. 施肥量은 시험 I과 같았으며, 試驗區配置는 亂塊法 3반복으로 하였다. 試驗區別로 생육 및 수량을 조사하였는데 수량은 시험구내의 전 개체를 수확하여 莖과 기타 부분을 분리하여 生重과 乾重을 측정하였다. 乾重은 75℃의 乾燥器에서 3일간 건조후에 칭량하였다.

## III. 결과 및 고찰

본 시험을 실시한 1994년의 異常氣候로 인하여 양마와 어저귀의 發芽가 불량하여 設計대로의 栽植本數를 확보하지 못하였다. 따라서 試驗區別로 조사한 양마와 어저귀의 개체수로 추정된 재식밀도를 결과의 분석에 이용하였다. 추정된 재식밀도는 3,000~15,000본/10a로 設計 재식밀도의 약 1/5수준이었다.

播種期에 따른 栽植密度別 양마와 어저귀의 莖長과 莖太는 다음 표에서 보는 바와 같다(표 1). 양마의 莖長은 품종이나 파종기간에는 차이가 있었으나 재식밀도간에는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 5월 1

일 파종에서 청도종 평균 경장은 320cm로 남경종의 평균 경장 299cm에 비하여 컸으며, 6월 1일에 파종한 남경종은 평균 259cm로 5월 1일에 파종한 남경종에 비하여 40cm가 짧았다. 그러나 경태는 재식밀도가 높아짐에 따라서 유의하게 감소하였다. 5월 1일 파종에서 청도종의 지표면 경태는 33.4 mm에서 26.2mm로, 그리고 지표로부터 1 m부위의 경태는 24.6mm로부터 18.2mm로 감소하였다. 남경종의 경우에는 5월 1일 파종에서는 재식밀도의 증가에 따른 경태의 감소가 그리 크지않았으나 6월 1일 파종에서는 재식밀도가 높아지는데 따른 경태의 감소가 컸는데 이러한 차이는 6월 1일의 파종에서 생육개체수가 더 많았기 때문인 것으로 판단된다.

양마의 개화는 9월 하순에 시작되었는데 품종간에 차이가 있어 남경종은 5월 9일과 6월 1일 파종에서 모두 개화를 하였으나 청도종은 개화를 하지않았다(표 1). 그러나 남경종의 개화시기가 너무 늦기 때문에 성숙된 종자를 수확할 수는 없었고 미숙인 채로

서리가 내린 후에 생육이 정지되었다. 이러한 결과는 박 등<sup>11,12)</sup>이 지적한 바와같이 청도종이나 남경종이 모두 남방형으로 일장에 예민하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 양마를 재배하기 위해서는 수량성은 낮으나 일장에 둔한 북방형이나 일장이 예민하지 않은 남방형 품종을 선발할 필요가 있을 것으로 판단된다.

육묘하여 이식재배한 경우와 직파 재배한 경우의 경장과 경태를 비교해 보면 품종간에 다소 차이가 있으나 육묘이식하였을 때의 경장이 다소 길었다. 그러나 경태는 육묘이식하였을 때 오히려 작은 것으로 나타났다(표 2). 이러한 결과는 육묘이식에서는 활착이 좋았기 때문에 생육주수가 확보되었는데 비하여 직파한 경우에는 발아가 균일하지 않았기 때문에 재식밀도가 다소 낮았기 때문인 것으로 생각된다. 두 품종 모두 경장이 시험 I에 비하여 40~50cm가 길었는데 그것은 시험 II을 실시한 포장조건이 더 좋았기 때문이었다.

**Table 1. Stem height and diameters at soil surface and at 1 m above soil surface of two kenaf varieties planted on differene dates at Experiment I.**

Variety	Planting date	Planting density (Plants/10a)	Flowering date	Stem height —cm—	Stem diameter(mm)	
					0m	1m
					mm	
Chongdojong	May 9	3,000	No flower	319	33.4	24.6
		5,000		325	33.0	23.8
		7,000		320	31.9	22.8
		9,000		322	30.3	21.0
		11,000		316	26.2	18.2
		Average		320	31.0	22.1
Namkyongjong	May 9	3,000	Sept. 20	319	28.9	20.2
		5,000		309	28.5	20.3
		7,000		292	27.5	19.7
		9,000		293	26.0	19.9
		11,000		299	25.2	18.8
		Average		299	27.2	19.8
Namkyongjong	June 1	7,000	Sept. 28	284	27.2	18.2
		9,000		255	21.4	14.3
		11,000		251	20.9	14.0
		13,000		264	20.2	13.9
		15,000		243	19.3	12.7
		Average		259	21.8	14.6

양마의 개체당 主莖, 葉 및 個體의 生重과 乾物重 및 수량을 보면 표 3과 같다. 청도종과 남경종 다 같이 재식밀도가 높아질 수록 경중, 엽중 및 개체중은 감소하였다. 품종간에는 청도종이 남경종에 비하여 생중과 건물중이 모두 무거웠다. 또한 재식밀도가 낮을 수록 잎과 분지중의 비율이 높았는데 이러한 결과는 낮은 재식밀도일 수록 분지가 많아서 엽수가 증가하였기 때문이었다. 예를 들어, 3,000개/10a의 재식밀도에서는 청도종의 개체당 生莖重이 1,045g이었는데 비하여 11,000개에서는 660g으로 감소하였으며, 생엽중은 725g에서 154g으로 감소하여 개체중의 경중 비율이 59%에서 81%로 감소하였다. 남경종도 비슷한 경향을 보이고 있다. 또한 6월 1일 파종에서는 5월 9일의 파종에 비하여 개체의 생육량이 크게 감소하여 수량을 높이기 위해서는 일찍 파종하는 것이 유리한 것으로 나타났다. 5수준의 재식밀도를 평균하여 보았을 때 6월 1일 파종은 5월 9일에 비하여 평균 경중이 61%에 지나지 않았다.

한편, 10a당 수량은 개체중과는 반대로 재식밀도가 높아질 수록 증가하였다. 5월 9일 파종에서 청도종은 3,000개/10a의 재식밀도에서는 경수량이 1,134kg/10인데 비하여 11,000개/10a에서는 2,445kg/10a로 115% 증가하였으며, 남경종은 754kg/10a에서 1,917kg/10a로 154% 증가하였다. 그러나 6월 1일 파종에서는 남경종이 11,000개/10a에서 801kg/10a로 수량이 가장 높았으며 13,000개/10a 이상의 재식밀도에서는 오히려 수량이 감소하여 수량을 높이는 데는 한 개체 한 개체

의 충분한 생육도 중요하다는 것을 시사하고 있다. (그림 1. 참조) 그러나 이러한 재식밀도는 다른 연구자들이 보고한 결과에 비하여 상당히 낮은 것으로 앞으로 더 검토되어야 할 것으로 판단된다.

시험-II에서도 청도종이 남경종에 비하여 개체당 경중과 엽중이 높았으며, 경수량도 청도종이 다소 많은 경향이였다. 그러나 청도종이 직파한 경우의 수량이 높는데 비하여 남경종은 이식재배한 경우에 수량이 높아서 두 품종간에 반응이 달랐다.

파종기와 재식밀도에 따른 어저귀의 생육과 수량도 양마와 같은 경향이였다(표 5). 그러나 어저귀의 경장은 5월 1일 파종에서는 237~280cm, 6월 1일 파

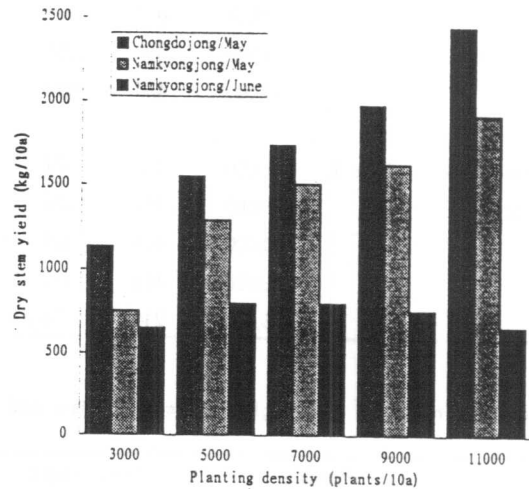


Fig. 1. Effect of planting date and plant density on kenaf stem yield.

Table 2. Effect of planting methods on stem height and stem diameter of two kenaf varieties at Experiment II.

Variety	Planting method	Stem height	Stem diameter(mm)		
			0m	1m	2m
		—cm—	mm		
Chongdojong	Direct seeding	367	20.5	16.3	12.4
	Transplanting	358	21.6	15.7	11.2
	Average	363	21.1	16.0	11.8
Namkyongjong	Direct seeding	322	23.1	17.1	13.6
	Transplanting	356	18.4	15.4	11.1
	Average	339	20.8	16.3	12.4
Average	Direct seeding	345	21.8	16.7	13.0
	Transpalnting	357	20.0	15.6	11.2

**Table 3. Fresh and dry weights of the main stem and fresh and dry yield of two kenaf varieties at Experiment I.**

Variety	Planting date	Planting density	Fresh weight			Dry weight			Yield		
			Stem	Leaf	Total	Stem	Leaf	Total	Stem	Leaf	Total
			g/plant			kg/10a					
Chongdo-jong	May 9	3,000	1,045	725	1,770	314	188	502	1,134	679	1,813
		5,000	967	606	1,573	290	157	447	1,548	658	2,206
		7,000	868	525	1,393	261	136	397	1,733	584	2,317
		9,000	704	216	920	212	56	268	1,778	923	2,701
		11,000	660	154	814	148	40	188	2,445	492	2,937
Namkyong-jong	May 9	3,000	767	996	1,763	272	302	574	754	839	1,593
		5,000	676	564	1,190	240	156	396	1,290	693	1,983
		7,000	665	361	1,026	236	109	345	1,506	593	2,099
		9,000	567	298	865	201	90	291	1,422	634	2,056
		11,000	478	194	672	169	59	228	1,917	613	2,530
Namkyong-jong	June 1	7,000	513	571	1,084	94	144	238	652	1,337	1,989
		9,000	454	275	729	83	70	153	800	702	1,502
		11,000	403	208	613	74	54	128	801	664	1,465
		13,000	313	161	474	58	41	99	756	850	1,606
		15,000	245	74	319	45	19	64	660	556	1,216

**Table 4. Fresh and dry weights of the main stem and fresh and dry yield of two kenaf varieties at Experiment II.**

Variety	Planting method	Fresh weight			Dry weight			Yield		
		Stem	Leaf	Total	Stem	Leaf	Total	Stem	Leaf	Total
		g/plant			kg/10a					
Chongdo-jong	Direct seeding	355	68	423	73	9	82	1,438	219	1,657
	Transplanting	340	23	363	81	7	90	1,220	105	1,325
Namkyong-jong	Direct seeding	281	11	292	69	6	75	1,037	85	1,122
	Transplanting	291	58	349	87	32	119	1,302	475	1,777

종에서는 183~188cm로 6월 파종에서 경장이 크게 감소하였으나, 재식밀도에 따른 차이는 뚜렷한 경향은 없었다. 어저귀에서 재식밀도의 증가에 따른 경태의 감소경향은 양마와 같았으나 그 정도가 양마에 비하여 컸다. 분지수도 6월 파종에서 감소하였으며, 재식밀도가 높아질 수록 크게 감소하여 두 파종기에서 다 같이 11,000개/10a의 재식밀도에서는 3,000개/10a 재식밀도에 비하여 40% 정도 감소하였다.(그림

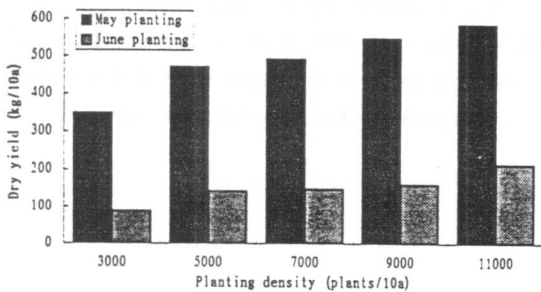
2. 참조) 이러한 결과는 어저귀는 분지의 발생이 양마에 비하여 많고, 양마와 달리 8월 하순부터 개화결실이 시작되기 때문에 경으로 공급되는 동화산물이 제한되었기 때문인 것으로 생각된다. 어저귀는 양마의 청도중에 비하여는 수량이 낮았지만 남경종과는 거의 비슷한 수량성을 보여 재배 만 확립된다면 속성섬유자원으로서의 이용 가능성이 있을 것으로 판단되었다.

**Table 5. Effects of planting density and planting date on growth characteristics and fresh and dry yield of Indian mallow.**

Planting date	Planting density	Stem height	Stem diameter		No. of branches	Weight/plant		Yield(kg/10a)	
			0e	1m		Fresh	Dry	Fresh	Dry
May 9	3,000	280	25.9	16.9	18.7	196	96	852	348
	5,000	254	22.1	16.2	15.6	166	82	1,135	471
	7,000	237	21.8	15.4	15.9	150	69	1,206	493
	9,000	264	24.5	16.5	15.7	135	55	1,346	549
	11,000	249	18.6	12.8	11.4	132	47	1,439	587
June 1	3,000	186	14.5	10.1	15.3	200	82	216	88
	5,000	188	14.6	9.8	15.8	146	60	350	143
	7,000	183	12.6	9.5	12.9	96	39	362	148
	9,000	186	12.0	7.2	12.7	78	32	458	160
	11,000	184	11.3	6.8	10.6	40	16	525	215

**Table 6. Correlation coefficients among fresh and dry weights and yield in kenaf.**

	Fresh plant			Dry plant			Yield		
	Stem	Leaf	Total	Stem	Leaf	Total	Stem	Leaf	Total
Planting density	-0.508	-0.850	-0.744	-0.418	-0.805	-0.648	0.747	-0.481	0.325
Fresh plant stem		0.701	0.914	0.932	0.659	0.877	0.404	-0.964	0.413
Fresh plant leaf			0.930	0.704	0.991	0.903	-0.206	0.293	-0.107
Fresh plant total				0.877	0.903	0.963	0.088	0.120	0.150
Dry plant stem					0.700	0.937	0.411	-0.179	0.385
Dry plant leaf						0.905	-0.201	0.256	-0.117
Dry plant total							0.147	0.018	0.172
Yield stem								-0.462	0.927
Yield leaf									-0.094



**Fig. 2. Effect of planting date and plant density on Indian mallow stem yield.**

양마의 개체당 생체와 건조 경중, 엽중 및 총중과 수량간의 상관관계를 보면 표 6과 같다. 재식밀도는 개체중과는 모두 부의 상관을 보여 재식밀도가 높아 질 수록 개체의 중량은 감소하는 것으로 판단되었으며, 경수량과는 정의 상관을 보여 재식분수의 확보가 양마의 수량에 중요함을 알 수 있었다. 생체 개체중과 건조 개체중간에는 모두 정의 상관인 인정되었으나, 개체중과 수량간에는 어느 경우에도 유의한 상관이 없어 역시 재식밀도의 확보가 중요함을 알 수 있었다.

## 인용문헌

- 1) Adamson, W. C., G. A. White and J. J. Higgins. 1972. Variation in leaf development and dry matter yield among kenaf varieties and introductions. *Crop Sci.* **12**:341-343.
- 2) Arnone, S. and A. Sonnino. 1991. La propagazione in vitro del kenaf(*Hibiscus cannabinus*). Atti del XXXV Convegno annuale della Societ Italiana di Genetica Agrarai, Pisa, Settembre 1991.
- 3) Cambell, T. A. and G. A. White. 1982. Population density and planting date effects on Kenaf performance. *Crop Sci.* **22**:74-77.
- 4) 정규용, 이은섭, 김용욱. 1971. 양마의 生育時期別 초장의 변이와 박피방법이 섬유수량 및 섬유질에 미치는 영향. 春溪 崔範烈博士 回甲記念 論文集 83-88. 韓國作物學會誌.
- 5) Higgins, J. J., and G. A. White. 1970. Effects of plant population and harvest date on stem yield and growth components of kenaf in Maryland. *Agron. J.* **62**:667-668.
- 6) 金熙泰, 朴贊浩, 孫世鎬. 1984. 新稿工藝作物學. 鄉文社. pp. 97-109.
- 7) Lapenta, E., S. Arnone, P. Mini and A. Sonnino. 1993. New crops development for industrial products in Italy. In "New Crops for Temperate Regions". (eds. K. R. M. Anthony, J. Meadley and G. R. bbelen), Chapman & Hall, London, pp. 54-63.
- 8) Leto, C. and M. P. Sacco. 1989. Il kenaf: le sue caratteristiche e le sue potenzialit . *L'Informatore Agrario*, **15**(XLV):79-87.
- 9) Mignoni, G. 1987. Kenaf(*Hibiscus cannabinus*), Scheda Tecnica no. 8. ACIP PERTROLI Direzione DIVAT, Rome.
- 10) 吳宗煥. 1993. 木材펄프 代替物로서의 케나프 (Kenaf) 利用과 地球環境 保全. 월간 임업정보 **25**:29-32.
- 11) 朴鐘汶, 金寅煥. 1965. Genus *Hibiscus*의 品種에 關한 研究. II. 洋麻에 있어서 日長反應의 品種間 差異. 農事試驗研究報告 **8**(1):49-55.
- 12) 朴鐘汶. 1966. 纖維用洋麻의 育種에 關한 研究. 短日反應性和 纖維重의 遺傳 및 連鎖. 農事試驗研究報告 **9**(1):103-126.
- 13) Pastina, F. and G. Mignoni. 1988. Il kenaf, pianta per carta. Proposta per una iniziativa and nostro Paese. *Cellulosa e Carta* **6**:22-30.
- 14) Petrini, C., A. Belletti and P. Montalti. 1990. Kenaf: esame di una collezione varietale e studio sull'induzione della fioritura in accessioni tardive. *Sementi Ellete* **5**(XXXVI):13-17.
- 15) Rossi, L., S. Arnone, A. Lai, E. Lapenta and A. Sonnino. 1989. ENEA's activities for developing new crops for energy and industry. In "Biomass for Energy and Industry", 5th E. E. Conference, 1st Vol. (eds. G. Grassi, G. Gosse and G. dos Santos), Elsevier Applied Sciecn, London, pp. 507-11.
- 16) Salih, F. A. 1978. Effects of population densities and row spacings on kenaf yields and its components in the Kenana area of the Sudan. *Acta Agron. Acad. Sci. Hung.* **27**:349-356.
- 17) Venturi, G., R. Benati R. and M. T. Amaducci. 1990. Valutazioni della adttabilit di alcune di lbisco all'ambiente padano. *L'Informatore Agrario* **25**(XLVI) :9-17.
- 18) 和田滋穂, 高崎達藏. 1938. 纖維作物洋麻について. 朝鮮農會報 **12**(1):118-127
- 19) White, G. A., W. C. Adamson and J. J. Higgins. 1971. Effect of population levels on growth factors in kenaf varieties. *Agron. J.* **63**:233-235.
- 20) Williams, J. H. 1966. Influence of row spacing and nitrogen levels on dry matter yields of kenaf(*Hibiscus cannabinus L.*) USDA Tech. Bull. No. 1404.



# 지구온난화 방지 및 농산촌 소득증대를 위한 새로운 속성 섬유자원 개발

## II. 속성 섬유자원의 펄프화 특성

조남석\* · 정승근\*\*

(\*충북대학교 임산공학과 · \*\*충북대학교 농학과)

### Development of New Fast Growing Fiber Sources for Protection of Global Warming and Increment of Agricultural Farm Incomes II. Pulping Characteristics of Fast Growing Fiber Plants

Nam-Seok Cho\* · Seung-Keun Jong\*\*

\*Dept. of Forest Products, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

\*\*Dept. of Agronomy, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

#### 적 요

본 연구는 속성 인피자원으로서 관심을 모으고 있는 황마 및 국내산 수종가운데 섬유자원으로서 가능성이 큰 식물인 어저귀를 원료로 하여 펄프화 특성을 구명하기 위하여 실시하였으며, 아울러 제조한 인피펄프 및 전간부펄프의 물성을 비교, 검토하였는바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 펄프화와 관련하여 인피부의 경우 양마 및 어저귀 모두 150°C 에서 충분히 펄프화가 가능하였으며, 펄프수율도 펄프화법에 관계없이 47.7%~57.1%의 범위로서 매우 높았고, 설포메틸화법이 가장 높은 수율을 나타냈다.
2. 전간부의 펄프화에 있어서는 인피부의 펄프화조건보다 강한 조건인 알칼리법과 AP법은 170°C에서 60분, 설포메틸화법은 170°C에서 180분 길게 펄프화함으로써 해섬이 용이한 펄프를 얻을 수 있었다. 펄프수율은 8%~51.3%의 범위였으며, 펄프화시 알칼리법 및 AP법에서는 펄프의 색이 검기때문에 흑피로부터 기인되는 반점을 확인할 수 없었으나, 설포메틸화법 펄프의 경우 매우 밝은 펄프가 얻어졌기 때문에 흑피로부터 기인되는 검프른색 반점이 확인되었다. 증해온도를 170°C까지 올리고 180분 증해함으로써 수피반점의 제거가 가능하였다.
3. 인피부펄프로 초지한 한지의 특성을 보면 알칼리법 및 AP법의 여수성보다 설포메틸화법이 좋았다. 한지의 물리적 성질에 있어서 먼저 펄프의 백색도는 설포메틸화법이 63.9%~64.1%로 가장 높았고, 알칼리법 및 AP법은 28.0%~37.0%로서 매우 낮았다. 인피부 펄프로부터 제조된 한지의 기계적 성질은 파열지수, 인열지수, 열단장 및 내절도 모두 설포메틸화법이 가장 높았으며 알칼리법 및 AP법은 매우 낮았다.
4. 시판 한지류가운데 수록 창호지의 물성과, 본 실험에서 제조한 양마 및 어저귀의 인피펄프 한지의 물성을 비교해 보면, 파열강도의 경우 수록 창호지의 강도보다 낮았으며, 인열강도 및 열단장은 수록창호지보다 우수하였다. 백색도에 있어서는 알칼리법 및 AP법은 시판 한지류보다 백색도가 낮았고, 설포메틸화법은 미표백임에도 불구하고 죽지보다는 높았으며, 수록 창호지와 동일한 수준의 상당히 높은 백색도를 나타냈다. 따라서 설포메틸화법은 속대 펄프의 혼입에서와 마찬가지로 높은 백색도를 요구하는 제품을 제외한 거의 모든 제품에 미표백 상태로 이용 가능하다고 사료된다.
5. 전간부펄프를 이용한 한지의 특성과 관련하여, 밀도는 양마 및 어저귀의 알칼리법 및 AP법이 0.24~0.

- 25g/cm<sup>3</sup>였으며, 설포메틸화법은 0.36~0.37g/cm<sup>3</sup>로서 높았다. 또한 인피펄프보다는 전간부펄프가 높은 밀도를 결과하였다. 전간부 펄프의 백색도는 설포메틸화법이 59.5~60.2%로 가장 높았고, 알칼리법 및 AP법은 각각 34.4~35.1%로서 거의 같았다. 일반적으로 전간부펄프의 백색도는 인피부보다는 다소 낮은 것으로 나타났다.
6. 인피펄프로 초지한 한지와 전간부 펄프의 강도를 비교한 결과, 인피펄프 단독으로 초지한 한지의 인열강도가 7.81~8.21mN·m<sup>2</sup>/g으로 월등히 높았으며, 펄프화법별로는 알칼리법이 약 5.2배, AP법이 약 4.5배, 설포메틸화법이 약 3.1배나 높았다. 열단장에 있어서는 설포메틸화법이 5.89~6.07km로 알칼리법 및 AP법보다 각각 2.3배, 1.8배의 높은 강도를 보여주었으며, 인피펄프로 초지한 한지의 열단장과 비교한 결과, 전간부 한지의 강도가 알칼리법은 약 45.9~48.9%, AP법은 약 1.7~11.2%, 설포메틸화법은 약 100.3~108.1%의 높은 강도 증가율을 나타냈다. 한지의 내절도에 있어서, 설포메틸화법이 155~175회로서 알칼리법 및 AP법보다 월등히 높았다. 또한 인피펄프 한지의 내절도와 비교한 결과, 알칼리법 및 AP법은 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 내절도보다 낮았으나, 설포메틸화법은 상당히 높은 내절강도를 결과하였다. 이와 같이 전간부펄프가 인피부보다 높은 강도 증가를 가져온것은 전간부 펄프에 포함되어 있는 장섬유인 인피섬유와 단섬유인 속대 섬유 및 미세섬유가 복합적으로 작용하여 양호한 섬유간 결합을 일으켰기 때문이라 사료된다.
  7. 전간부펄프 한지의 경우 시판 한지류와 물성을 비교하면, 파열강도의 경우, 수록 창호지의 파열강도(3.30kPa·m<sup>2</sup>/g)을 제외하고는 나머지 시판 화선지류는 본 실험에서 제조한 한지보다 파열강도가 낮은 것으로 판명되었다. 인열강도에 있어서는 알칼리법과 AP법의 전간부 펄프로 초지한 한지가 시판 화선지류의 인열강도·0.75~2.21mN m<sup>2</sup>/g 보다 우수하였다. 열단장에 있어서도 알칼리법 및 AP법은 시판 화선지류의 열단장 1.56~2.89km와 비슷한 강도값을 나타낸 반면, 설포메틸화법은 열단장이 양마 및 어저귀 모두 시판 화선지류보다 월등히 높았다. 한지의 내절도를 시판 한지류의 내절도와 비교한 결과, 세 가지 펄프화법 모두 시판 화선지류의 내절도보다 우수하였으며, 수록 창호지의 내절도보다는 낮은 것으로 나타났다.
  8. 양마펄프의 물성은 전체적으로 어저귀펄프보다는 양호하였으며, 품질면에서 판단하였을때 어저귀도 양마에 버금가는 펄프원료로서 충분히 이용할 수 있음이 확인되었다. 양마는 재배실험결과 채종이 매우 어려운 것으로 알려지고 있는바, 국내 자생하는 미이용상태의 어저귀식물을 유용한 펄프원료로서 이용할 수 있음은 매우 중요한 사실로 평가되고 있다.

## I. 서 론

21 세기를 향한 커다란 문제는 지구의 온난화, 산성우문제, 열대림의 황폐 및 석유화학계 폐기물의 축적 등, 지구지구환경의 보전이며, 그 가운데서도 특히 지구의 온난화, 사막화와 관련된 "산림보전의 문제"가 클로즈업되고 있다. 국제연합 식량농업기구(FAO) 및 국제연합 환경계획(UNEP)의 『열대자원평가 프로젝트 보고서』에 의하면 열대림은 연간 1,700만ha의 산림이 파괴되고 있다.

이러한 열대림황폐를 위시한 삼림자원의 감소를 막고 지구의 환경을 보전하기 위해서는 생장이 빠른 비목재자원을 농작물로 경작하고, 이를 원료로 하여 종이, 펄프산업을 일으키고, 여기에서 생산된 종이로서 문화를 발전시킨다는 정책이야말로 삼림자원의 파괴를 막고 환경을 건강하고 쾌적하게 유지하는데 매우 효과가 클것으로 예상되며 농산촌의 소득증대

에 크게 기여할것으로 생각되고 있다.

국민 생활수준의 향상으로 인한 종이소비가 증가일로에 있는 우리나라로서는 국내 부존 산림자원이 빈약하여 펄프원료재의 자급이 매우 어려운 상태에 있으며, 이들 원료의 수입이 불가피한 현실정에서, 목재이외의 섬유자원을 개발, 이용해서 부족한 펄프 원료를 보충·확보해야 한다. 나아가서 세계의 원료 수요의 사정은 목재보다는 비목재쪽의 신장이 훨씬 우위를 차지하고 있으며, 지구환경적 측면에서 생각한다면 이러한 경향은 한층 심화될 것으로 생각된다. 우리 나라는 비목질계 자원으로서 대마, 아마, 황마, 양마등의 마류와, 산단나무, 삼지닥나무 등의 인피 섬유자원류, 대나무를 비롯한 갈대, 조릿대, 싸리류, 뽕나무 등의 목본계 섬유자원류 및 벗짚, 보리짚, 밀집등의 짚류 자원 등 많은 비목질계 섬유 자원을 풍부히 가지고 있으나, 오늘날까지 이들에 대한 자원의 량, 분포, 재배 방법 및 plantation 재배를 포함한 이용 및 개발에 관련된 종합적인 연구는 전혀 되어있

들 벚짚, 보리짚, 밀짚 등의 짚류 자원을 그간의 진보된 펄프 제조기술을 적용하여 새로운 제지용 원료로서 개발함은 모자라는 목질계 펄프원자재의 대체는 물론, 국내 부존자원의 이용극대화를 기하고, 농업부산 폐기물의 처리 효과를 기대할 수 있어 그 가치 않아서 귀중한 자원으로서 전반적인 평가조차 제대로 하지 못하고 있으며, 그저 부분적으로 어떤 수준의 섬유 특성<sup>1~5)</sup>, 펄프화 특성<sup>6~11)</sup> 등에 관한 연구에 그치고 있다.

최근의 전세계적인 자원의 부족 상황에서 고품질의 목재자원만을 고집할 수 없는 상황에 접하여 이 발 의의가 자못 크다고 하겠다.

제지용 원료로서의 비목질계 자원의 이용에 관해서는 많은 연구<sup>6~13)</sup>가 수행되었으며, 목질계 펄프에 비하여 그 성질이 열등하며, 초지시의 Wire 의 마모 등을 비롯한 문제 및 원료공급의 제한성, 저장성 등의 문제로 인하여 년중 공급이 가능하거나, 자원이 부족한 나라를 제외하고는 거의 널리 보급되지 못하고 있는 실정에 있다.

본 연구는 속성 인피자원으로서 황마의 펄프화 특성을 구명하기 위하여 실시하였으며, 아울러 국내산 수중가운데 매우 섬유자원으로서 가능성이 큰 식물의 펄프화 적성을 함께 비교코자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시재료

도입종으로서 양마(*Kenaf, Hibiscus cannabinus* L.)를, 국내종으로서 어저귀(*Indian mallow, Abutilon avicennae* Gaertner)를 사용하였다.

### 2. 시료의 조제

성분분석용 시료는 음건후 분쇄하여 40-60 메쉬로 분쇄한 다음, 알콜-벤젠 혼액(1:2)으로 8시간 탈지처리하여 건조후 공시하였으며, 펄프제조용은 4~5cm 정도의 크기로 잘라 공시하였다.

### 3. 원료의 물성 분석

#### 가. 해부학적 성질

각 5본의 공시식물에 대하여 3cm 길이로 전간부를 채취하여 해섬용 시료로 하였다. 해리방법은 Schurz 용액(염소산칼륨:질산:물=1:2:1)을 사용하여 실온에서 2주간 방치후, 증류수로 세척하고, methylene blue로 염색하여 섬유장, 섬유폭 및 루멘폭 등을 1 수종당 각각 60개씩 측정하였다.

#### 나. 화학적 성분분석

셀룰로오스, 리그닌, 헤미셀룰로오스, 회분, 유기용제 추출물, 1% 가성소오다 추출물 등을 K. S.에 의해 분석하였다.

### 4. 각종 펄프화 특성 구명

#### 가. 알카리 펄프화법

증해약액은 활성알칼리 농도 20%의 NaOH를 사용하여 액비 1:6 (NaOH : 27.2% on raw material)으로 인피부는 150℃에서, 속대와 전간부는 170℃에서 150℃에서 소정시간 증해하였다.

#### 나. 알칼리-과산화수소 펄프화법<sup>14~17)</sup>

NaOH(활성알칼리 농도 20%에 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(3%)를 첨가한 증해약액을 사용하여 액비 1:6(NaOH:27.2% on raw material)으로 인피부는 150℃에서, 속대와 전간부는 170℃에서 소정시간 증해하였고, 킬레이트제로 1%의 EDTA를 첨가하였다.

#### 다. 설포메틸화 펄프화법<sup>18~19)</sup>

1M Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>에 0.3M 카르보날화합물을 첨가한 증해약액을 사용하여 액비1:6 (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>:75.6% on raw material)으로 170℃에서 소정시간 증해하였다.

### 5. 펄프 수율 및 리그닌 함량측정<sup>20)</sup>

펄프수율은 증해가 끝난후 유리여과기 1G4를 사용하여 여과하고, 충분히 수세한 후 건조하여 구하였으며, 리그닌 함량은 Klason 법으로 정량하였고, 산가용성 리그닌량을 UV spectrum 으로 측정하여 Klason 리그닌함량에 합하여 총 리그닌 함량으로 표시하였다.

## 6. 한지 제조 특성 구명

### 가. 한지제조 및 조습

알칼리법, 알칼리-과산화수소법 및 설포메틸화법으로 증해한 인피부, 속대 및 전간부의 펄프를 사용하였다. 인피부 및 전간부 펄프는 해리기를 이용하여 해리한 다음, 인피부 및 전간부 펄프는 Hollander형 beater를 이용하여 해리를 주목적으로 농도 2%로 15분간 고해하였다. 초지시 분산제로서는 시판 polyacrylamide (PAM:분자량 수백만, 중립상사)를 사용하였다. 인피부 및 전간부지료 각 3.91g (발규격 3.2척 × 2.2척 기준, 장당 5뎀메지에 해당되는 지료량)을 0.03% PAM 용액 5,000ml 에 넣고 고르게 분산되도록 저어주었다. 조성된 지료를 특수 제작한 한지 초지기를 사용하여 초지하였으며, 초지발은 화선지 제조용 발을 사용하였다. 초지된 습지를 건조용 스테인레스 스틸판에 종이면이 안쪽으로, 습취 면포가 바깥쪽으로 향하도록 붙이고, 실온에서 약 6시간 자연탈수 및 건조를 행한 다음, 60℃로 조절된 열풍 항온건조기에서 2시간 건조시켰다.

시판 한지류로서는 화선지인 고려지, 유선지 및 죽지는 전주에서 제조한 것을 사용하였으며, 창호지는 경남 의령에서 제조한 다나무 인피섬유 100% 인 순지를 사용하였다. 한편, 기계초지한 창호지는 꽃무늬 창호지를 사용하였다.

소정의 혼합비로 초지한 종이는 Tappi T402 om-88 에 의거 관계습도 50.0% ± 2.0%, 온도 23.0 ± 1.0℃ 에서 24시간 조습하였다.

### 나. 한지의 물리적, 광학적 및 기계적특성

평량, 두께 및 밀도는 Tappi T220 om-88, T410 om-88 및 T411 om-89에 의거하여 측정하였고, 시이트의 formation은 Noram사의 REED N. U. I METER (Model MK II)를 사용하여 측정하였다. 광학적 성질로서 백색도는 Tappi T452 om-92에 의거하여 측정하였다. 강도적 성질로서 파열강도는 Tappi T220 om-88 및 T403 om-91, 인열강도는 Tappi T220 om-88 및 T414 om-88, 인장강도는 Tappi T220 om-88 및 T494 om-88, 내절도는 Tappi T220 om-88 및 T511 om-88에 의거하여 측정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 해부학적 성질

공시재료인 양마 및 어저귀의 섬유장, 섬유폭 및 lumen 폭 측정결과는 표 1과 같다. 양마의 섬유장은 2.20mm 로서 소나무재의 섬유장에 매우 유사하며, 섬유장에대한 섬유폭의 비는 소나무재에 비해서는 매우 큰 특징을 가진다. 그런 점에서 인피부섬유는 한지제조에 적합한 특성을 가지고 있다고 하겠다. 이에 대하여 어저귀의 섬유장은 거의 양마와 유사한 결과를 보여주고 있다.

### 2. 원료의 화학적 성질

원료의 화학적 성분을 KS 규격에 따라 분석한 결과는 표 2와 같다.

화학적분 분석결과를 보면 양마 및 어저귀 공히 추출성분의 함량이 높고, 리그닌량이 적은 것이 일반적인 특징으로 들 수 있다. 활엽수재에 비해서 펜토산 함량이 적고, 리그닌함량이 적은면에서는 홀로셀룰로오스가 적은편인데 이는 추출물함량이 많기 때문인것으로 생각된다. 그리고 화학성분에서조차 양마와 어저귀간에 큰 차이를 인정할 수 없었다.

Table 1. Anatomical properties of Kenaf and Indian mallow

Species		Kenaf	Indian mallow
Fiber length (mm)	Range	1.19~4.05	1.40~4.31
	Average	2.20	2.35
Fiber width (μm)	Range	13.8~19.5	9.2~26.4
	Average	17.2	18.3
Lumen width (μm)	Range	4.3~10.1	4.0~11.5
	Average	7.0	7.7

### 3. 펄프화 특성

#### 가. 펄프화법이 탈리그닌에 미치는 效果

##### 1) 인피부의 펄프화

양마 및 어저귀의 인피부 펄프화 특성을 표 3 및 표 4 에 나타냈다. 양마의 경우 알칼리법에 있어서

**Table 2. Chemical properties of Kenaf and Indian mallow**

Chemical components	Kenaf	Indian mallow
Extractives, %		
Cold Water	10.7	9.6
Hot Water	13.9	12.4
1 % NaOH	30.0	26.7
Organic		
Solvent	2.33	2.10
Ash, %	3.59	4.84
Lignin, %	10.14	13.8
Pentosan, %	15.7	17.1
Holocellulose, %	79.4	78.8

펄프수율이 48.6%로서 가장 낮았으며, 알칼리-과산화수소 펄프화법(AP법)AP법이 49.7%, 설포메틸화법은 앞의 2방법보다 증해시간을 30분이상 연장시킨 90분 처리에서도 57.1%의 가장 높은 펄프수율을 결과하였다. 다만 펄프화시 알칼리법 및 AP법에서는 펄프의 색이 검기때문에 흑피로부터 기인되는 반점의 영향을 눈으로 확인할 수 없었지만, 설포메틸화법 펄프의 경우 펄프의 백색도가 매우 높기때문에 흑피로부터 기인되는 검프른색 반점이 확인되었다. 따라서 증해온도를 170°C 까지 올리고 60분 증해함으로서 이러한 수피반점의 제거가 가능하였다. 이 때의 펄프수율은 56.2%로서 150°C 처리보다 그다지 펄프수율 감소가 일어나지 않았었다.

어저귀의 경우는 양마의 결과와 대동소이한 펄프화 특성을 보여주었는바, 알칼리법의 펄프수율은 7%, AP법은 48.8%, 설포메틸화법의 경우 56.9%의 높은 펄프수율을 나타냈다. 아울러 흑피반점을 제거하기 위한 증해처리에서도 55.4%의 높은 펄프수율을 기록하므로써 양마에 필적하는 우수한 펄프화 특성

이 인정되었다.

#### 2) 전간부의 펄프화

전간부의 펄프화에 있어서는 전술한 바와같은 인피부의 펄프화조건에서는 펄프화가 잘 일어나지 아니하였으므로, 펄프화의 조건을 보다 강화시키지 않으면 안되었다. 이는 목질부로 구성되는 속대부분의 리그닌 함량이 매우 높은 사실로 설명되고 있다. 따라서 양마펄프제조시 알칼리법과 PA법은 170°C에서 60분, 설포메틸화법은 170°C 에서 180분 길게 펄프화함으로서 해섬이 용이한 펄프를 얻을 수 있었으며, 수율은 각각 44.6%, 44.8%, 51.3%로 나타났다. 다만 전술한 바와같이 펄프화시 알칼리법 및 AP법에서는 펄프의 색이 검기때문에 흑피로부터 기인되는 반점을 확인할 수 없었으나, 설포메틸화법 펄프의 경우 매우 밝은 펄프가 얻어졌기 때문에 흑피로부터 기인되는 검프른색 반점이 확인되었다. 따라서 증해온도를 170°C 까지 올리고 240분 증해함으로서 수피반점의 제거가 가능하였으나 이 때의 펄프수율은 35.8%로서 너무 큰 수율감소를 결과하였다.

어저귀를 사용한 전간부의 펄프화에 있어서는 전술한 양마펄프의 경우와 거의 동일한 펄프화 특성을 나타냈다. 표 6은 어저귀 펄프화 결과를 나타낸 것으로서 알칼리법과 AP법은 170°C에서 60분, 설포메틸화법은 170°C 에서 180분 펄프화하여 해섬이 용이한 펄프를 얻을 수 있었으며, 설포메틸화법이 증해시간이 180분으로 매우 길었음에도 불구하고 펄프수율이 50.5%로서 가장 높았으며 그다음이 45.1%의 AP법, 알칼리법이 42.8% 로서 가장 낮은 값을 보였다.

#### 4. 한지제조 특성

우리나라의 한지 제조법은 다펀 인피섬유가 장섬유인 관계로 흘림뜨기가 주로 행하여지고 있으며, 강도가 요구되는 창호지 및 장판지의 제조에는 인피

**Table 3. Pulping characteristics of bast part of Kenaf**

Pulping method	Temp. (°C)	Time (min)	Yield (%)	Kappa No.	Delignification (%)
Alkali	150	60	48.6	11.6	95.8
Alkali-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	150	60	49.7	10.5	96.7
Sulfomethylated	150	90	57.1	11.8	94.3
	170	60	56.2	12.7	93.3

**Table 4. Pulping characteristics of bast part of Indian mallow**

Pulping method	Temp. (°C)	Time (min)	Yield (%)	Kappa No.	Delignification (%)
Alkali	150	60	47.7	10.8	96.6
Alkali-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	150	60	48.8	11.5	95.5
Sulfomethylated	150	90	56.7	12.8	93.5
	170	60	55.4	12.1	94.7

섬유를 주로 하여 초지하고, 화선지의 경우 인피섬유만으로 초지할 경우 발목상태가 불량하므로 목재 펄프 및 짚섬유 등의 단섬유를 혼합하여 초지해 왔다. 그러나 최근에는 화선지의 제조에 있어 인피섬유 함량의 감소와 폐지 혼입율의 증가로 인하여 종이의 산성화, 내구성 감소, 황변현상, 발목성의 불량 등 많은 문제점을 야기시키고 있다. 따라서 본 연구에서는 양마 및 어저귀를 원료로 하여 새로운 펄프화법으로 제조한 인피펄프 및 전간부펄프의 물성을 비교, 검토하였다.

가) 인피부펄프의 단독 초지한 한지의 특성

1) 여수도의 변화

펄프제조 방법에 따른 양마 인피부 펄프의 여수도 변화를 보면, 표 7에서 보는 바와같이 알칼리법은 29°SR, AP법은 26°SR 로서 거의 동일한 여수도였는데

대하여, 설포메틸화법 펄프는 24°SR 로서 월등히 양호한 여수성을 나타냈다. 이와같이 설포메틸화법의 여수성이 다른 펄프화법보다 높은 것은 앞에서도 설명했듯이 알칼리법이나 AP에 비해 상대적으로 펄프화과정에서 NaOH 가 계내로 서서히 공급되며, 리그닌의 설포화 및 설포메틸화에 의한 용이하고 신속한 탈리그닌이 일어나므로써 셀룰로오스의 붕괴가 적은 펄프가 제조되었기 때문으로 생각된다.

펄프제조 방법에 따른 어저귀 인피펄프의 여수도 변화(표 8 참조)를 보면, 알칼리법은 30°SR, AP법은 28°SR 로서 거의 동일한 여수도였는데 대하여, 설포메틸화법 펄프는 24°SR 로서 여수성이 매우 우수하였는바, 양마펄프의 여수도특성과 큰 차이가 없었다.

2) 한지의 물리적 성질

인피부 펄프를 사용하여 동일한 평량의 한지를 목표로 초지하였으나, 펄프제조 방법에 따라 평량의 변

**Table 5. Pulping characteristics of whole stem part of Kenaf**

Pulping method	Temp. (°C)	Time (min)	Yield (%)	Kappa No.	Delignification (%)
Alkali	170	60	44.6	15.5	94.6
Alkali-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	170	60	46.8	15.2	94.7
Sulfomethylated	170	180	51.3	13.3	95.5
	180	240	35.8	9.9	97.0

**Table 6. Pulping characteristics of whole stem part of Indian mallow**

Pulping method	Temp. (°C)	Time (min)	Yield (%)	Kappa No.	Delignification (%)
Alkali	170	60	42.8	14.5	93.8
Alkali-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	170	60	45.1	14.8	93.5
Sulfomethylated	170	180	50.5	13.4	94.8

**Table 7. Physical and mechanical properties of fiber pulps of Kenaf**

	Alkali	Alkali-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Sulfomethylated
Freeness(°SR)	29	26	24
Grammage(g/m <sup>2</sup> )	35.8	36.4	35.7
Density(g/cm <sup>3</sup> )	0.22	0.21	0.21
Formation(NUI)	115.3	108.8	101.4
Brightness(%)	29.0	37.0	64.1
Burst Index (kPa · m <sup>2</sup> /g)	2.18	2.44	2.59
Tear Index (mN · m <sup>2</sup> /g)	7.81	8.01	8.21
Breaking Length (km)	1.74	2.96	3.03
MIT Folding Endurance(time)	64	69	94

**Table 8. Physical and mechanical properties of fiber pulps of Indian mallow**

	Alkali	Alkali-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Sulfomethylated
Freeness(°SR)	30	28	24
Grammage(g/m <sup>2</sup> )	34.1	35.0	35.2
Density(g/cm <sup>3</sup> )	0.21	0.21	0.21
Formation(NUI)	116.9	112.8	107.6
Brightness(%)	28.0	36.0	63.9
Burst Index (kPa · m <sup>2</sup> /g)	2.10	2.36	2.48
Tear Index (mN · m <sup>2</sup> /g)	7.60	7.91	8.04
Breaking Length (km)	1.70	2.88	2.83
MIT Folding Endurance(time)	83	87	103

화가 일어났는바, 이는 펄프화 과정에서 받은 영향이 초지시 한지의 평량에 영향을 준 것으로 생각된다. 종이의 밀도는 섬유간 결합량의 영향이 가장 크며, 섬유간 결합은 고해의 정도, 섬유의 미세성 및 유연성, 헤미셀룰로오스의 함량, wet pressing의 정도 등과 밀접한 관련이 있다.

표 7 에서 보여주는 알칼리법, AP법 및 설포메틸화법으로 제조된 인피펄프의 밀도는 모두 0.21 0.22g/cm<sup>3</sup> 로서 펄프제조 방법과는 관계없이 동일하였

다. 그리고 표 8의 어저귀펄프의 경우도 0.21g/cm<sup>3</sup> 로서 펄프제조방법과 무관하였으며, 양마펄프와 동일한 밀도변화를 보여주었다.

한편 표 9의 시판 한지류들과 비교한 결과, 본 실험에서 제조된 알칼리법, AP법 및 설포메틸화펄프의 밀도가 0.21 0.22g/cm<sup>3</sup>로서 수목 창호지의 밀도 0.26g/cm<sup>3</sup> 보다는 다소 낮은 값을 나타냈으며, 이와같이 결과는 인피부펄프의 시트제조시 wet pressing을 하지 않았기 때문에 보다 낮은 밀도의 한지가 제조

된 것으로 판단된다.

펄프화법별로 살펴본 양마식물 인피펄프의 formation에 있어서는 알칼리법의 formation이 가장 불량하였고 AP법이 다음이고 설포메틸화법의 formation이 가장 높았다. 부분별 단독초지의 경우 인피 펄프가 101.4~115.3 NUI를 나타냈으며, 펄프화법로는 큰 차이는 아니지만 알칼리법이 가장 formation이 불량하였고, 설포메틸화법 펄프가 가장 양호한 formation을 나타냈다.

어저귀 인피펄프의 formation에 있어서는 양마펄프에서와 같이 알칼리법의 formation이 가장 불량하였고 AP법이 다음이고 설포메틸화법의 formation이 가장 높았다. 부분별 단독초지의 경우 인피 펄프가 6~116.9 NUI를 나타냈으며, 양마펄프와 비교하면 formation이 다소 불량하였다.

양마 및 어저귀로부터 제조한 인피부 펄프로 초지한 한지의 formation을 시판 한지류와 비교해 보면 시판 화선지류가 60.5~79.1 NUI로, 보다 양호한 formation 수준을 나타냈으나, 수록창호지의 101.0 NUI와는 거의 동일한 formation으로 나타났다.

양마 인피부 펄프의 백색도는 설포메틸화법이 64.1% 로 가장 높았고, 알칼리법 및 AP법은 각각 29.0%, 37.0% 로서 AP법 펄프가 다소 높았다. 통상 인피부가 추출물 함량이 높아서 증해과정에서 착색구조가 생성되어 인피부 펄프의 백색도가 떨어지고 있으나, 설포메틸화법에 있어서는 전간부 및 속대 펄프

의 백색도가 인피부 펄프의 백색도보다 낮은 것은 그 원인이 원료나 펄프화법으로부터 기인되었기 보다는 펄프의 세척시 전간부 및 속대 펄프가 수질의 영향을 더 많이 받았기 때문이라 사료된다. 어저귀 인피부 펄프의 백색도에 있어서는 설포메틸화법이 63.9% 로 가장 높았고, 알칼리법 및 AP법은 각각 0%, 36.0% 로서 AP법 펄프가 다소 높았다.

이들 2수종으로 부터 제조한 인피부펄프로 초지한 한지류의 백색도를 표 9의 시판 한지류의 백색도와 비교해보면 알칼리법 및 AP법은 시판 한지류보다 백색도가 낮았고, 설포메틸화법은 미표백임에도 불구하고 죽지보다는 높았으며, 수록 창호지와 동일한 수준의 상당히 높은 백색도를 나타냈다. 따라서 설포메틸화법은 속대 펄프의 혼입에서와 마찬가지로 높은 백색도를 요구하는 제품을 제외한 거의 모든 제품에 미표백 상태로 이용 가능하다고 사료된다.

### 3) 기계적 성질의 변화

양마 인피부 펄프로부터 제조된 한지의 기계적 성질은 표 7 에서 보는바와 같이, 파열지수는 설포메틸화법이 2.59 kPa · m<sup>2</sup>/g으로 알칼리법의 2.18kPa · m<sup>2</sup>/g 및 AP법의 2.44kPa · m<sup>2</sup>/g에 비해 18.8% 및 6.2% 의 다소 높은 강도증가율을 나타냈으며, 전체적인 파열강도는 설포메틸화법이 가장 우수하였다. 어저귀의 경우 표 8에서 보는바와 같이, 파열지수는 설포메틸화법이 2.48kPa · m<sup>2</sup>/g으로 가장 높았고, 알칼리법이

Table 9. Physical and mechanical properties of various commercial Hanjis

Hanji Name	Goryeoji	Youseonji	Jookji	Changhoji (H)*	Changhoji (M)**
Grammage (g/m <sup>2</sup> )	22.8	28.7	25.8	33.2	67.2
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.38	0.38	0.38	0.26	0.56
Formation (NUI)	60.5	79.1	63.8	101.0	46.0
Brightness (%)	79.3	78.8	48.1	67.3	96.5
Burst Index (kPa · m <sup>2</sup> /g)	0.60	0.90	1.29	3.30	4.37
Tear Index (mN · m <sup>2</sup> /g)	0.75	1.82	2.21	4.63	2.57
Breaking Length (km)	1.55	2.23	2.89	7.15	10.23
MIT Folding Endurance (time)	0	6	19	1934	3262

\*(H):hand made

\*\*\*(M):machine made



10kPa · m<sup>2</sup>/g 및 AP법의 2.36kPa · m<sup>2</sup>/g을 나타냈다.

펄프화법별 인열강도에 있어서도 먼저 양마의 경우, AP법이 8.01mN · m<sup>2</sup>/g, 알칼리법이 7.81mN · m<sup>2</sup>/g이었으며, 설포메틸화법이 8.21mN · m<sup>2</sup>/g으로서 가장 높았다. 인피부 펄프 단독초지의 경우 설포메틸화법의 열단장이 3.03km로 알칼리법의 1.74km 및 AP법의 2.96km에 비해 다소 높은 강도를 보여주었다. 한지의 내절도에 있어서, 인피부 펄프의 파열강도 및 인장강도가 높았던 설포메틸화법이 94회로 알칼리법의 64회 및 AP법의 69회보다 월등히 높았다.

펄프화법별 비교한 어저귀의 인열강도는 AP법이 91mN · m<sup>2</sup>/g, 알칼리법이 7.60mN · m<sup>2</sup>/g이었으며, 설포메틸화법이 8.04mN · m<sup>2</sup>/g으로 가장 높았다.

또한 설포메틸화법의 열단장이 2.83km로 알칼리법의 1.70km 및 AP법의 2.88km에 비해 다소 높은 강도를 보여주었다. 한지의 내절도에 있어서는 인피부 펄프의 파열강도 및 인장강도가 높았던 설포메틸화법이 103회로 알칼리법의 83회 및 AP법의 87회보다 다소 높은것으로 나타났다.

양마펄프의 물성은 전체적으로 어저귀펄프보다는 양호하였으며, 품질면에서 판단하였을때 어저귀도 양마에 버금가는 펄프원료로서 충분히 이용할 수 있음이 확인되었다. 양마는 재배실험결과 채종이 매우 어려운것으로 알려지고 있는바, 국내 자생하는 미이용상태의 어저귀식물을 유용한 펄프원료로서 이용할 수 있음은 매우 중요한 사실로 평가되고 있다.

시판 한지류가운데 수록 창호지의 물성과, 본 실험에서 제조한 양마 및 어저귀 한지의 물성을 비교해보면, 파열강도의 경우 수록 창호지의 강도가 3.30kPa · m<sup>2</sup>/g으로서 본 실험에서 제조한 한지보다 파열강도가 다소 높은 것으로 판명되었다. 인열강도를 비교해 본 결과, 알칼리법, AP법 및 설포메틸화법의 양마 7.81 8.21mN · m<sup>2</sup>/g 어저귀 7.60 8.04mN · m<sup>2</sup>/g에 비해 시판 수록 창호지의 인열강도 4.63mN · m<sup>2</sup>/g 보다 훨씬 우수하였다. 열단장에 있어서도 알칼리법, AP법 및 설포메틸화법은 시판 수록창호지의 열단장 7.15km 에 크게 못미치는 매우 열등한 강도값을 나타냈다. 이와 같이 매우 낮은 열단장을 나타내는 이유는 본 실험에서 종이의 제조시 wet pressing을 실시하지 못하여 섬유간 지합이 불량하였기 때문으로 생각된다. 한지의 내절도를 시판 창호지류의 내절도와 비교한 결과, 세 가지 펄프화법 모두 시판 창호지의 내절도 1934회에 크게 못미치는 낮은 값을 나타냈다.

나. 전간부펄프의 단독 초지한 한지의 특성

알칼리법, AP법, 설포메틸화법 등 펄프화법을 달리 하여 제조한 전간부 펄프를 원료로 하여 제조한 한지의 특성을 구명하기 위하여 초지하여 분석하였다. 전간부 펄프에는 이미 인피섬유가 약 20% 가량 함유되어 있는 것으로 분석되었다. 양마 및 어저귀의 전간부펄프를 이용하여 특수 초지기를 사용하여 한지를 제조한 다음, 그 물리적, 기계적 특성을 측정한

Table 10. Physical and mechanical properties of whole stem pulps of Kenaf

	Alkali	Alkali-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Sulfomethylated
Freeness (°SR)	44	43	70
Grammage(g/m <sup>2</sup> )	31.5	32.4	35.5
Density(g/cm <sup>3</sup> )	0.25	0.24	0.37
Formation(NUI)	87.4	55.6	43.6
Brightness(%)	35.1	35.0	60.2
Burst Index (kPa · m <sup>2</sup> /g)	1.51	1.69	2.71
Tear Index (mN · m <sup>2</sup> /g)	1.56	1.78	2.66
Breaking Length (km)	2.59	3.29	6.07
MIT Folding Endurance(time)	16	20	33

Table 11. Physical and mechanical properties of whole stem pulps of Indian mallow

	Alkali	Alkali-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Sulfomethylated
Freeness (°SR)	43	43	69
Grammage (g/m <sup>2</sup> )	32.0	32.5	35.5
Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.24	0.24	0.36
Formation (NUI)	81.5	56.4	40.1
Brightness (%)	34.4	34.6	59.5
Burst Index (kPa · m <sup>2</sup> /g)	1.49	1.59	2.65
Tear Index (mN · m <sup>2</sup> /g)	1.47	1.75	2.59
Breaking Length (km)	2.48	2.93	5.89
MIT Folding Endurance(time)	22	21	175

결과를 각각 표 10 및 표 11에 나타냈다.

#### 1) 여수도의 변화

펄프제조 방법에 따른 양마전간부 펄프의 여수도 변화를 보면, 알칼리법은 44°SR, AP법은 43°SR 로서 거의 동일한 여수도였는데 대하여, 설포메틸화법 펄프는 70°SR 로서 월등히 불량한 여수성을 나타냈다. 어저귀의 전간부 펄프의 여수도 변화를 보면, 알칼리법은 43°SR, AP법은 43°SR로써 동일한 여수도였는데 대하여, 설포메틸화법 펄프는 69°SR 로서 양마에서와 동일하게 월등히 낮은 여수성을 나타냈다. 이와 같이 설포메틸화법의 여수성이 다른 펄프화법보다 낮은 것은 앞서서도 설명했듯이 알칼리법이나 AP에 비해 상대적으로 온화한 펄프화로 인하여 셀룰로오스의 붕괴가 적고, 헤미셀룰로오스 등의 잔존량이 많을 뿐만 아니라 펄프화 과정에서 소량 잔존하는 섬유리그닌에 설포기의 도입으로 인한 친수성의 증가가 주된 원인이라 사료된다.

양마 및 어저귀의 전간부 펄프와 인피부 펄프의 여수도를 비교해보면, 전간부 펄프의 여수도가 43~70°SR로 인피펄프의 여수도 24~30°SR보다 월등히 낮았는바, 이처럼 전간부 펄프의 여수성이 인피부 펄프의 여수성보다 낮은 것은 전간부의 경우 인피부와 속대를 분리하지 않고 펄프화 함으로써 분리하여 펄프화 할 때보다 미세섬유를 많이 함유한다는 것과, 가벼운 해리처리를 함으로써 섬유의 피브릴화와 유

연성 및 팽윤성이 증가했기 때문이라 사료된다.

#### 2) 한지의 물리적 성질

전간부 펄프를 사용하여 동일한 평량의 한지를 목표로 초지하였으나, 펄프제조 방법에 따라 평량의 변화가 일어났는바, 이는 펄프화 과정에서 받은 영향이 초지시 한지의 평량에 영향을 준 것으로 생각된다. 종이의 밀도는 섬유간 결합량의 영향이 가장 크며, 섬유간 결합은 고해의 정도, 섬유의 미세성 및 유연성, 헤미셀룰로오스의 함량, wet pressing의 정도 등과 밀접한 관련이 있다.

양마를 이용한 알칼리법 및 AP법의 전간부 펄프 밀도(표 10 참조)는 각각 0.25g/cm<sup>3</sup>, 0.24g/cm<sup>3</sup>로써 거의 동일하였으나, 설포메틸화법 펄프는 0.37g/cm<sup>3</sup>로써 높았다. 인피펄프와 전간부 펄프의 단독초지시 밀도를 비교해보면 인피 펄프의 경우 펄프화법에 관계없이 0.21~0.22g/cm<sup>3</sup> 을 나타내는 반면, 전간부 펄프는 알칼리법 및 AP법이 0.24~0.25g/cm<sup>3</sup> 으로 인피 펄프 단독초지보다 높았으며, 특히 설포메틸화법에 의한 전간부 펄프의 밀도는 0.37g/cm<sup>3</sup>으로 인피펄프 단독초지보다 약 1.6배 높았다.

어저귀의 알칼리법 및 AP법의 전간부 펄프 밀도(표 11 참조)는 0.24g/cm<sup>3</sup>로써 동일하였으나, 설포메틸화법 펄프는 0.36g/cm<sup>3</sup>로써 높았다. 인피펄프와 전간부 펄프의 단독초지시 밀도를 비교해보면 인피 펄프의 경우 펄프화법에 관계없이 0.21~0.22g/cm<sup>3</sup>을 나타

내는 반면, 전간부 펄프는 알칼리법 및 AP법이  $0.24\text{g}/\text{cm}^3$ 으로 인피 펄프 단독초지보다 높았으며, 특히 설포메틸화법에 의한 전간부 펄프의 밀도는  $0.36\text{g}/\text{cm}^3$ 으로 인피펄프 단독초지보다 약 1.6배 높았다.

한편 표 9의 시판 한지류들과 밀도를 비교한 결과 알칼리법과 AP법은  $0.24\sim 0.25\text{g}/\text{cm}^3$ 로서 수록창호지의 밀도  $0.26\text{g}/\text{cm}^3$ 와 비슷한 값을 나타냈으며, 설포메틸화법은  $0.36\text{g}/\text{cm}^3$ 으로서 시판 화선지류의  $0.38\text{g}/\text{cm}^3$ 와 가까웠다. 이와 같이 전간부만의 펄프를 사용하더라도 wet pressing을 하지 않아도 시판 화선지류와 같은 밀도의 한지 제조가 가능하였다.

펄프화법별로 살펴본 양마 전간부펄프(표 10 참조)의 formation 에 있어서는 알칼리법의 formation이 가장 불량하였고, AP법이 다음이고, 설포메틸화법의 formation 이 가장 높았다. 어저귀 전간부펄프의 formation(표 11)은 양마에서와 같이 알칼리법의 formation이 81.5NUI 로서 가장 불량하였고, AP법이 56.4NUI 로 그 다음이고, 설포메틸화법의 formation은 40.1NUI 로서 가장 높았다. 인피 펄프가 양마 101.4~115.3 NUI, 어저귀 107.6~116.9NUI 를 나타낸 반면, 전간부 펄프는 양마 43.6~87.4NUI, 어저귀 40.1~81.5NUI 를 나타내, 인피펄프 단독초지보다 전간부 펄프가 월등히 양호한 formation 을 갖는다는 것이 판명되었다.

전간부 펄프로 초지한 한지의 formation 을 시판 한지류와 비교해 보면 시판 화선지류가 60.5~79.1 NUI로, 양마의 경우 알칼리법의 전간부 펄프로 초지한 한지의 87.4 NUI 및 어저귀의 81.5NUI 보다 다소 양호한 수준을 나타냈으나, 설포메틸화법 및 AP법으로 제조한 양마의 전간부 한지의 43.6NUI 및 55.6 NUI, 어저귀의 40.1, 56.4NUI보다는 formation 이 불량한 것으로 나타났다.

양마 전간부 펄프의 백색도는 설포메틸화법이 60.2%로 가장 높았고, 알칼리법 및 AP법은 각각 35.1%, 35.0%로서 거의 같았다. 단독 초지시 백색도 변화를 각 펄프화법별로 살펴본 결과 알칼리법은 전간부가 35.1%로서 인피부의 백색도 29.0%보다 높았으며, AP법은 전간부가 35.0%, 인피부가 37.0%로 양자간 차이가 없었고, 설포메틸화법은 전간부가 60.2%로 인피부의 64.1% 보다 다소간 낮은 것으로 나타났다. 어저귀 전간부펄프의 백색도를 살펴본 결과, 알칼리법은 전간부가 34.4%로서 인피부의 백색도 28.0%보다 높았으며, AP법은 전간부가 34.6%, 인피부가 36.0%로 양

자간 차이가 없었고, 설포메틸화법은 전간부가 59.5%로 인피부의 63.9% 보다 다소 낮은 것으로 나타났다. 각 펄프화법별로 분석하면 설포메틸화법이 59.5%로서 가장 높은 백색도를 나타냈고, 알칼리법 및 AP법은 각각 34.4%, 34.6%로서 거의 같았다. 통상 인피부가 추출물 함량이 높아서 증해과정에서 착색구조가 생성되어 인피부 펄프의 백색도가 떨어지고 있으나, 설포메틸화법에 있어서는 전간부 및 속대 펄프의 백색도가 인피부 펄프의 백색도보다 낮은 것은 그 원인이 원료나 펄프화법으로부터 기인되었기 보다는 펄프의 세척시 전간부 및 속대 펄프가 수질의 영향을 더 많이 받았기 때문이라 사료된다.

전간부펄프로 초지한 양마 및 어저귀 펄프의 백색도를 표 9의 시판 한지류의 백색도와 비교해보면 2종의 펄프 모두 알칼리법 및 AP법은 시판 한지류보다 백색도가 낮았고, 설포메틸화법은 미표백임에도 불구하고 죽지보다는 높았으며, 수록 창호지와 동일한 수준의 상당히 높은 백색도를 나타냈다. 따라서 설포메틸화법은 속대 펄프의 혼입에서와 마찬가지로 높은 백색도를 요구하는 제품을 제외한 거의 모든 제품에 미표백 상태로 이용 가능하다고 사료된다.

### 3) 기계적 성질의 변화

양마 전간부펄프로부터 제조된 한지의 기계적 성질은 표 10에서 보는바와 같이, 파열지수는 설포메틸화법이  $2.71\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 으로 알칼리법의  $1.51\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$  및 AP법의  $1.69\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 에 비해 79.5% 및 60.4%의 매우 높은 강도증가율을 나타냈으며, 전체적인 파열강도는 설포메틸화법이 가장 우수하였다. 어저귀 전간부 펄프의 경우 기계적 성질은 표 11에서 보는바와 같은바, 파열지수는 설포메틸화법이  $2.65\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 로 가장 높았으며, 알칼리법은  $1.49\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ , AP법은  $1.59\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 로 매우 낮은 강도를 나타냈다. 인피펄프와 전간부 펄프간의 파열강도를 비교해보면, 알칼리법 및 AP법의 전간부 파열강도는 인피부 파열강도보다 낮았으나, 설포메틸화법은 인피부 파열강도보다 높은 것으로 나타났다.

양마 전간부펄프의 각 펄프화법별 인열강도는 AP법이  $1.78\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ , 알칼리법이  $1.56\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 이었으며, 설포메틸화법이  $2.66\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 으로서 가장 높았다. 어저귀의 경우, 전간부펄프의 인열강도는 AP법이  $1.75\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ , 알칼리법이  $1.47\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$  이었으며, 설포메틸화법이  $2.59\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ 으로서 가장 높았다. 인피

펠프 단독으로 초지한 한지의 인열강도와 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 인열강도를 비교한 결과, 인피펠프 단독으로 초지한 한지의 인열강도가 7.81~8.21mN·m<sup>2</sup>/g으로 월등히 높았으며, 펄프화법별로는 알칼리법이 약 5.2배, AP법이 약 4.5배, 설포메틸화법이 약 3.1배나 높았다.

양마전간부 펄프의 경우 설포메틸화법의 열단장이 6.07km로 알칼리법의 2.59km 및 AP법의 3.29km에 비해 각각 2.3배, 1.8배의 높은 강도를 보여주었으며, 인피펠프 단독으로 초지한 한지의 열단장과 비교한 결과, 전간부 한지의 강도가 알칼리법은 약 48.9%, AP법은 약 11.2%, 설포메틸화법은 약 100.3%의 높은 강도 증가율을 나타냈다. 어저귀 전간부 펄프는 설포메틸화법의 열단장이 5.89km로 알칼리법의 2.48km 및 AP법의 2.93km에 비해 높은 강도를 보여주었으며, 인피펠프로 제조한 한지의 열단장과 비교한 결과, 전간부 한지의 강도가 알칼리법은 약 45.9%, AP법은 약 1.7%, 설포메틸화법은 약 108.1%의 높은 강도 증가율을 나타냈다. 이와 같이 전간부 단독초지가 인피부 단독초지보다 높은 열단장의 증가를 가져온 것은 전간부 펄프에 포함되어 있는 장섬유인 인피섬유와 단섬유인 속대 섬유 및 미세섬유가 복합적으로 작용하여 양호한 섬유간 결합을 일으켰기 때문이라 사료된다.

한지의 내절도에 있어서, 양마 전간부 펄프의 경우 파열강도 및 인장강도가 높았던 설포메틸화법이 155회로 알칼리법의 16회 및 AP법의 20회보다 월등히 높았다. 한편 어저귀 전간부펄프의 내절도에 있어서, 파열강도 및 인장강도가 높았던 설포메틸화법이 175회로 알칼리법의 22회 및 AP법의 21회보다 월등히 높았다. 또한 인피펠프 단독으로 초지한 한지의 내절도와 비교한 결과, 양마 및 어저귀펄프 모두알칼리법 및 AP법은 전간부 펄프 단독으로 초지한 한지의 내절도가 낮았으나, 설포메틸화법은 상당히 높은 내절강도를 결과하였다. 이것은 알칼리법 및 AP법의 전간부 펄프에 포함되어 있는 속대섬유 및 미세섬유가 섬유간 결합의 증진과 강도의 증가에 크게 기여하지 못하고 있는 것과는 반대로 설포메틸화법의 전간부 펄프에 포함되어 있는 속대 섬유 및 미세섬유는 펄프화 과정에서 도입된 셀론키의 작용으로 섬유의 친수성이 향상되어 섬유간 결합의 증진에 기여하여 강도의 증가를 가져온 것으로 사료된다.

시판 한지류와 본 실험에서 제조한 한지의 물성을 비교해 보면, 파열강도의 경우, 수록 창호지의 파열

강도(3.30kPa·m<sup>2</sup>/g)를 제외하고는 나머지 시판 화선지류는 본 실험에서 제조한 한지보다 파열강도가 낮은 것으로 판명되었다. 인열강도를 비교해 본 결과, 알칼리법과 AP법의 전간부 단독초지한 한지가 시판 화선지류의 인열강도 0.75~2.21mN·m<sup>2</sup>/g 보다 우수하였다. 열단장에 있어서도 알칼리법 및 AP법은 시판 화선지류의 열단장 1.56~2.89km와 비슷한 강도값을 나타낸 반면, 설포메틸화법은 열단장이 양마전간부 펄프의 경우 6.07km, 어저귀펠프의 경우 5.89km 로서 시판 화선지류보다 월등히 높았다. 본 실험에서는 wet pressing을 실시하지 않았는데도 불구하고 시판 한지류와 같은 인장강도를 가지는 한지의 제조가 가능하다는 것이 판명되었다. 한지의 내절도를 시판 한지류의 내절도와 비교한 결과, 세 가지 펄프화법 모두 시판 화선지류의 내절도 0~19회보다 우수하였으며, 수록 창호지의 내절도보다는 낮은 것으로 나타났다.

## 인용문헌

- 1) 신동소, 정태명, 한국산 대나무류의 화학적 성분 조사에 관한 연구, 진주농대논문집 1:31-34(1963)
- 2) 홍병화, 문창국, 신동소, 목본식물의 인피섬유에 관한 연구, 경상대논문집 11:61-68 (1972)
- 3) 박병익, 닥나무섬유의 변이에 관하여, 한국임학회지 20:1-4(1975)
- 4) 이종윤, 한국산 삼지닥나무의 화학적 조성, 경북대논문집 28:309-313(1979)
- 5) 신동소, 한국산 갈대펠프 자원의 활용에 관한 연구, 서울대 농학연구 4(1)(1979)
- 6) 이범순, 김봉태, 갈대펠프에 관한 연구(1), 국립공업연구소보 13:113-116(1964)
- 7) 이범순, 김봉태, 갈대펠프에 관한 연구(2), 국립공업연구소보 14:118-127(1964)
- 8) 육완수, 쪽재비싸리의 펄프화에 관한 연구, Korean Tappi 6(1):25-31(1974)
- 9) 이문철, 임기표, 쪽재비싸리의 크라프트 펄프화에 관한 연구, Korean Tappi 6(1):32-35 (1974)
- 10) 김봉태, 조옥기, 연초줄기의 펄프화에 관한 연구, Korean Tappi 4(1):17-21(1972)
- 11) 원종명, 신동소, 갈대의 K P 에 관한 연구, Korean Tappi 13(1):4-19(1981)

- 12) 우지형, 발효에 의한 인피섬유 정련에 관한 연구 (1), Korean Tappi **4**(2):12-17 (1972)
- 13) 우지형, 발효에 의한 인피섬유 정련에 관한 연구 (2), Korean Tappi **4**(2):12-17 (1972)
- 14) Mita, A. , S. Kashiwabara, Hydrogen peroxide - alkaline pulping (1) Japan Tappi **37**:262(1982)
- 15) Mita, A. , S. Kashiwabara, Hydrogen peroxide - alkaline pulping (2) Japan Tappi **37**:537(1982)
- 16) Mita, A. , S. Kashiwabara, Hydrogen peroxide - alkaline pulping (3) Japan Tappi **39**:251(1984)
- 17) Mita, A. , S. Kashiwabara, Hydrogen peroxide - alkaline pulping (4) Japan Tappi **39**:585(1984)
- 18) Ri, S. and J. Nakano, High yield pulp production by modified sulfite process, Japan Tappi **28**(7):38-44(1974)
- 19) Ohi, H. , J. Nakano and A. Ishizu, Sodium sulfite-formaldehyde-quinone cooking of softwood, Japan Tappi **41**(8):66-74 (1987)
- 20) 신동소 외 4 인, 임산화학, pp. 143-170, 향문사 (1983)