

# 조림묘목 mulching mat 제조용 base paper의 물리적 특성 연구

김형진<sup>†</sup> · 오동근 · 유영정

(2009년 2월 22일 접수: 2009년 3월 13일 채택)

## Studies on the Physical Properties of Base Paper for the Manufacture of Mulching Mat for Afforestation Seedling

Hyoung-Jin Kim<sup>†</sup>, Dong-Geun Oh and Yeong-Jeong Yoo

(Received February 22, 2009; Accepted March 13, 2009)

### ABSTRACT

In this study, the physical properties of base paper for the manufacture of mulching mat for afforestation seedling were investigated. The base paper for mulching mat was prepared by stock conditions of PAE and AKD addition into the screened slurry of KOCC for the strengthening effects of wet tensile and burst strength. The optimum additions of PAE and AKD were considered at 2% and 0.5%, respectively. The accelerated aging by ISO 5630-1 and wet heat aging method under hot water for 2 kinds of commercial mulching and wet strength paper were compared with the base paper prepared for mulching mat manufacture. The accelerated aging test for the base paper prepared for mulching mat manufacture resulted in the same tendency of physical properties as two kinds of commercial products. However, the results of wet heat aging test under hot water indicated that the physical strength for base paper prepared was much higher than others. In addition, the opacity behavior for base paper prepared was enough effects to obstruct weeds growth by isolating transmission of sunlight.

**Keywords** : *mulching mat, wet strength, afforestation, PAE, AKD, accelerated ageing*

### 1. 서론

전 세계적으로 발생하는 이상기후의 예방뿐만 아

니라 저탄소 녹색성장을 위한 목질계 바이오매스 공급기지의 역할로 체계적인 조림지 조성에 대한 필요성이 증가되고 있으며 문화 및 여가생활의 확대, 경제

• 국민대학교 임산공학과 (Department of Forest Products, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea)

† 주저자 (Corresponding Author): E-mail: hyjikim@kookmin.ac.kr

수준의 개선 등에 따른 삶의 질 향상을 위해 심미적 녹지 공간의 확대 요구가 있어 계획적인 인공조림이 확대되고 있다.

2009년 산림청 주요 업무 세부추진계획에 의하면 국내에서는 녹지 조성의 필요성에 발맞춰 21,264 ha의 조림을 육성할 계획이며, 이에 따라 많은 인력 및 비용이 소요 될 것으로 예상된다. 그러나 묘목의 조림은 초기 조림 비용 이외에도 묘목의 안정적인 생장을 위해 조림지의 풀베기, 덩굴류 제거, 비료 주기 등 추가적인 사후관리 비용이 발생하게 된다.<sup>1)</sup> 따라서 본 논문에서는 조림묘목의 생장 및 안정적 착근, 잡초번식 억제, 사후관리 비용의 절감 등을 위해 조림지에 멀칭 매트를 적용하고자 하였으며, 조림 묘목 멀칭매트 제조용 base paper에 대한 최적 특성을 탐색하였다.

멀칭 매트의 조림지 적용은 농작물에 대한 환경 보존형 재배 기술 중 하나로 작물이 생육하는 토양에 광역제 가능한 플라스틱 필름 또는 종이 시트를 덮어 고온과 다우로부터 작물을 보호하고 잡초 배아의 토양 접근 차단 및 햇빛의 차단을 유도하여 근원적으로 발아를 막아 잡초를 제어함으로써 잡초제거 비용을 절감할 수 있는 장점이 있다.<sup>2)</sup> 그러나 현재 사용되고 있는 다종의 멀칭 필름은 생분해가 되지 않는 플라스틱 필름을 사용하고 있는 경우가 많으며, 이러한 필름을 사용하여 멀칭을 할 경우 재배 기간이 끝난 후 잔류 플라스틱 필름의 수거 비용 및 환경오염에 의한 2차적 단점이 야기된다. 따라서 사용 후 수거의 번거로움이 없도록 멀칭매트 제조 시 생분해 가능한 종이 시트를 이용한다면 수거에 따른 비용 및 인력을 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 유기물로 이루어진 종이는 토양 미생물에 의해 완전 분해되어 토양에 비료와 같은 역할을 할 수 있는 등 종이 시트를 이용한 멀칭매트의 다양한 장점들을 활용할 수 있다.<sup>2)</sup>

그러나 멀칭매트에 종이를 적용하여 제조할 경우 수분에 약한 종이의 특성상 수분과 접촉 시 쉽게 파괴되어 형태 및 기능을 상실할 가능성이 높다. 더욱이 멀칭매트를 적용할 우리나라의 산림 지역은 연평균 상대습도가 약 70~75% 정도의 다습한 조건이므로 멀칭매트를 현장에 적용할 경우 다량의 수분과 장기간 접촉하는 환경에 노출된다.<sup>3)</sup> 따라서 멀칭매트에 습윤강도 향상을 위한 부가 처리가 되지 않은 종이를 base paper로 적용한다면 멀칭매트를 구성하는 base

paper가 수분에 의해 파괴되어 목표기간 동안 멀칭 매트로서의 기능을 수행하지 못할 수 있다. 그러므로 base paper가 형태 및 기능을 유지하기 위해서는 장기간 수분 저항성이 유지될 수 있도록 습윤강도 개선을 위한 지료조성 조건 및 표면처리 공정이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 생분해 가능한 base paper를 멀칭매트에 적용하기 위해 지료조성 조건으로서 PAE 및 AKD를 첨가하여 수분 저항성이 부여된 멀칭매트 base paper를 제조하고자 하였다. 또한 제조된 base paper의 노화 특성 및 불투명도를 측정하여 일광 투과량 조절 능력을 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

멀칭매트용 base paper 제조를 위한 섬유상 원료는 국내에서 유통되는 고품지 상자(KOCC)를 회수하여 사용하였으며, base paper의 내수 특성을 향상시키기 위해 H사로부터 alkyl ketene dimer(AKD, solid content 20%)와 poly-(aminoamide)-epichlorohydrin resin(PAE, solid content 13.5%)을 분양받아 사용하였다. 또한 시제작한 멀칭매트용 base paper의 강도적 성질을 비교 평가하고자 국내에서 시판되고 있는 습윤지력지 및 멀칭지를 각각 S와 B사에서 분양받아 사용하였다.

### 2.2 실험 방법

#### 2.2.1 지료 조성

지료 내 미세분의 함량과 첨가제 간의 특성 변화를 알아보기 위해 국내에서 시판되는 KOCC를 수집하여 정선 지료와 미정선 지료로 등급하여 지료조성을 실시하였다. 정선 지료의 경우 해리된 지료를 200 mesh 와이어를 이용하여 accept 섬유분과 reject 미세분으로 등급 처리 하였으며, 등급된 장섬유분은 valley beater로 고해하여 여수도 450 ml-CSF로 조절하였고 등급된 미세분은 고해 전 지료와 첨가제의 투입 전 지료에 장섬유분 대비 3%의 농도로 지료에 첨가하였다. 미정선 시료의 경우 valley beater로 고해하여 여수도 450 ml-CSF로 조절하였고 섬유 등급 과정 없이 실험에 사용하였다.

### 2.2.2 멀칭매트용 base paper의 제조

멀칭매트 base paper는 KOCC를 해리한 후 고해한 지료에 AKD와 PAE를 첨가하여 제조하였다. AKD와 PAE의 투입량은 고해된 지료의 전건무게 대비 AKD와 PAE를 각각 0.1, 0.2, 0.5, 1% 및 1, 2, 3% 첨가하였다. AKD와 PAE의 투입 순서는 AKD를 첨가하고 10분간 교반시킨 후 PAE를 첨가하여 10분간 교반한 후 초지하였다.

실험실용 수조지기를 이용하여 조성된 지료를 평량 80 g/m<sup>2</sup>의 멀칭매트 base paper로 제조하였다. 수조지기한 습윤 지필은 3.5 kg의 압력으로 2회 압착을 실시하였고 drum dryer를 이용하여 120℃의 온도에서 건조시켰다.

### 2.2.3 물리적 특성 평가

멀칭매트를 산지에 적용하였을 때 가해지는 대부분의 응력은 잡초의 성장에 의해 발생하는 파열 응력과 수분에 의한 강도 손실과의 상관관계와 관련이 깊기 때문에 멀칭매트용 base paper의 파열강도와 인장강도 및 습윤 파열강도와 습윤 인장강도를 측정을 하였다. 제조한 멀칭매트용 base paper는 ISO 표준시험법에 의거하여 항온항습실에서 24시간 이상 조습 처리한 후 물리적 성질을 측정하였으며 물리적 특성 평가는 습윤 및 건조 인장강도, 파열강도, 사이즈도 등을 측정하였다.

또한 일광차단에 의한 잡초 제어 능력을 평가하기 위해 멀칭매트 base paper의 불투명도 특성을 평가하였다.

### 2.2.4 가열 노화 및 수증 가열 노화

멀칭매트의 노화에 따른 강도 특성을 평가하기 위해 ISO 표준시험법에 의거하여 105℃에서 1 hr, 24 hr, 48 hr, 72 hr 동안 가열 가속 노화를 실시하였다. 그러나 멀칭매트가 적용될 산지는 상대습도가 70% 이상으로 지표면이 매우 다습한 조건이기 때문에 가열 가속 노화만으로는 다량의 수분과 장시간 접촉하는 조건의 멀칭매트 노화 평가에 적합하지 않을 것으로 예상되어 수증 가열 노화를 추가적으로 실시하였다.

Fig. 1에 나타난 바와 같이 수증 가열 노화는 시료를 유리 beaker에 담은 후 시료가 완전히 잠기도록 증류

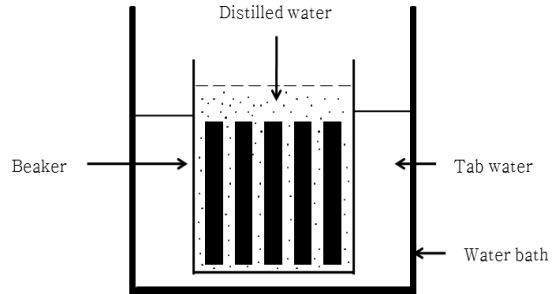


Fig. 1. Diagram of accelerated wet aging apparatus under hot water.

수를 투입하고 이물질의 유입을 막기 위해 beaker의 입구를 밀봉한 후 항온 수조에 넣고 80℃에서 1 hr, 24 hr, 48 hr, 72 hr 동안 수증 가열 노화를 실시하였다

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 멀칭매트 base paper의 최적 첨가제 투입조건

멀칭매트 제조에 사용할 base paper는 주로 야외 적용에 의한 고습윤 환경에 장기간 노출되므로 수분에 의해 종이 시트의 구조가 파괴될 수 있어 내수성을 부여하여 습윤 강도 증강을 시도하였다. 종이 시트에 내수성을 부여하기 위해 지료조성과정에서 습윤지력 증강제인 PAE와 사이즈제인 AKD를 도입하여 첨가제의 투입량에 따른 습윤강도특성을 평가하였다.

Fig. 2는 PAE 및 AKD의 투입량에 따른 건조 인장강도 대비 습윤 인장강도의 비율을 나타낸 결과이다.

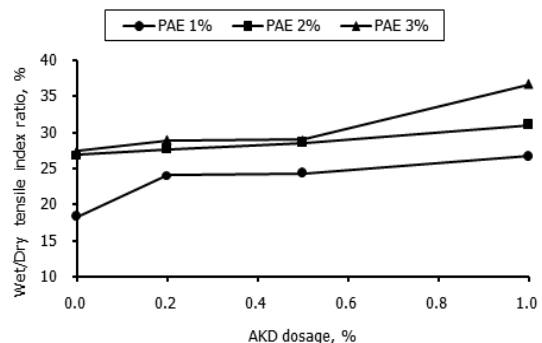


Fig. 2. Changes in wet/dry tensile index ratio by addition amount of AKD and PAE.

PAE를 1% 첨가하였을 때 보다 2% 첨가하였을 때 우수한 습윤강도 향상 효과를 보였으나 2%와 3% 첨가량 사이에는 습윤강도 향상 효과가 크지 않았다. 이는 2% 이상 PAE를 투입할 경우 지료 내의 섬유 표면 전하밀도가 증가되어 PAE 고분자와 섬유간 결합이 증가하지 않아 습윤강도 개선이 이루어지지 않은 것으로 사료된다. PAE 고분자는 수용액 내에서 양이온성 전해질로 작용하기 때문에 펄프 섬유 표면의 음이온성 carboxyl기와 정전기적 인력이 야기되어 섬유 표면에 정착하게 된다. 액상으로부터 섬유 표면으로 이동 정착된 고분자의 수가 증가하게 되면 섬유 표면이 부분적으로 중화되거나 섬유간 고분자 가교 결합이 발생하여 응집체가 형성되며, 형성된 응집체는 크기가 점차 성장하게 되어 지합 및 물성을 감소시키는 결과를 초래한다.<sup>4,5)</sup> 따라서 2% 이상의 투입은 응집체를 형성하여 강도적으로 악영향을 미치며 섬유 표면 전하의 중화로 강도가 증가하지 않은 것으로 사료된다. 또한 AKD의 투입량에 따른 건조 인장강도 대비 습윤 인장강도의 비율은 AKD의 투입량이 증가할 경우 약간 증가하는 경향을 보였으나 각각의 투입 조건에 따라 강도 차이는 크지 않았다.

Fig. 3은 PAE 및 AKD 투입량에 따른 건조 파열강도 대비 습윤 파열강도의 비율을 나타낸 결과로서 인장강도와 유사한 경향을 나타냈으며 PAE의 투입량이 2% 조건일 때 습윤강도 특성이 가장 우수한 결과를 나타냈다. 또한 AKD 투입량에 따른 건조 파열강도 대비 습윤 파열강도의 비율은 0.5% 첨가 조건까지는 약간 증가하다가 그 이상 투입할 경우 다소 감소하는

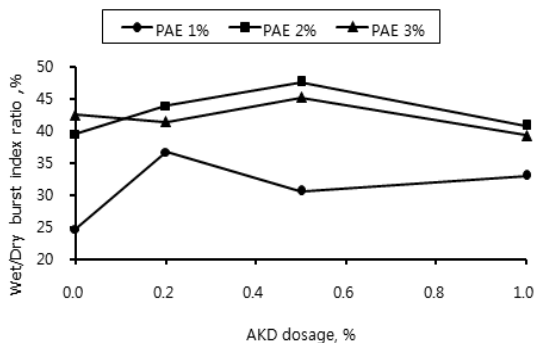


Fig. 3. Changes in wet/dry burst index ratio by addition amount of AKD and PAE.

경향을 나타냈다. 이는 0.5% 이상의 AKD 투입량은 AKD의 에멀선화를 위해 투입된 양성 전분이 섬유와 반응하여 섬유의 표면을 중화시켜 PAE의 표면 전하를 중화시켜 섬유와의 결합력을 감소시켜 나타난 결과로 사료된다.<sup>6,7)</sup>

따라서 습윤강도의 특성 부여와 경제적 효율성을 위해 PAE의 최적 투입량은 2%, AKD의 최적 투입량은 0.5%로 조절한 후 초지조건에 활용하였다.

### 3.2 섬유상 원료의 분급에 따른 강도적 특성 변화

OCC의 경우 수 회의 리사이클 처리로 인해 다량의 미세분이 지료 내에 존재하며 비표면적이 큰 특징을 지니고 있어 고분자와 결합하여 장섬유와 고분자간의 결합에 영향을 미칠 것으로 사료되어 섬유상 원료의 분급에 따른 시트의 강도적 특성을 평가하고자 하였다. 따라서 지료 내에서 양이온성 고분자 전해질로 거동하는 PAE의 경우 미세분 함량에 따라 직접적으로 영향을 받을 것으로 사료되어 미세분 함량에 따른 첨가제의 특성을 평가하고자 미세분 함량을 조절하여 지료를 조성하였으며 PAE 첨가량을 조절하여 미세분 함량 및 PAE 첨가량과 강도적 특성을 분석하였다.

Fig. 4는 정선 지료와 미정선 지료의 건조 인장강도와 습윤 인장강도의 비율을 측정할 결과이다. 인장강도 특성은 PAE 첨가량에 따라 정선 지료를 원료로 초지한 시트 조건에서 비교적 우수한 강도 특성을 나타

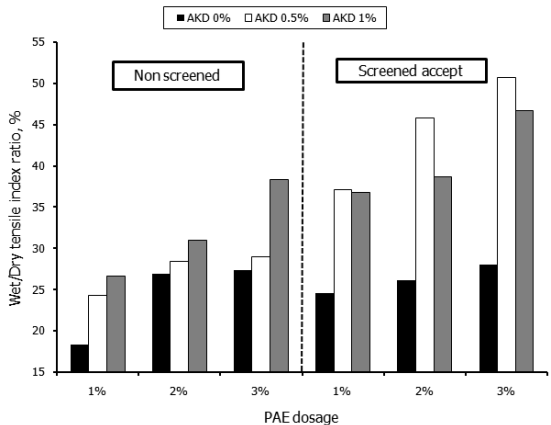


Fig. 4. Changes in wet/dry tensile index ratio by PAE dosages and slurry classifications.

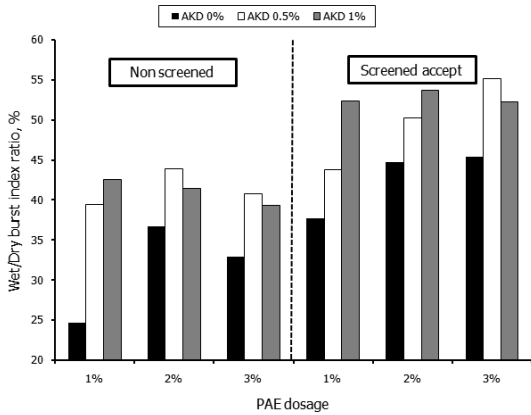


Fig. 5. Changes in wet/dry burst index ratio by PAE dosages and slurry classifications.

났다. 이러한 결과는 정선 지료의 경우 미세분 함량이 낮기 때문에 지료에 첨가된 고분자가 장섬유에 용이하게 정착되어 미정선 지료를 사용한 경우 보다 높은 강도 특성을 나타낸 것으로 사료된다.

Fig. 5는 정선 지료와 미정선 지료에 PAE를 각각 1, 2, 3% 첨가하여 첨가제 투입량에 따른 건조 파열강도와 습윤 파열강도의 비율을 나타낸 결과이다. 인장강도 결과와 마찬가지로 각각의 첨가제 투입 조건에서 정선 지료를 원료로 사용한 시트에서 우수한 강도 특성을 나타냈다. 정선지료의 경우 PAE 첨가량에 따른 물리적 강도 특성은 인장강도와 파열강도 모두 PAE 3% 및 AKD 0.5%를 첨가했을 때 가장 우수한 강도 특성을 나타냈으나 앞서 언급한 미정선 지료의 결과에서와 같이 PAE 2%와 PAE 3% 사이의 강도 차이는 높지 않았다.

### 3.3 첨가제량에 따른 사이즈도 변화

PAE 및 AKD 첨가량 조건에 따른 사이징 효과를 평가하기 위해 cobb size 법을 이용하여 사이즈도 변화를 측정하였다. PAE 첨가량에 따른 사이즈도 변화는 큰 차이를 나타내지 않고 유사한 경향을 나타냈으나, AKD 투입량에 따른 사이즈도의 변화는 0.5% 첨가 조건에서 사이즈도의 개선 효과가 가장 높았으나 1%를 첨가했을 경우 0.5%와 유사한 결과를 나타냈다. 따라서 사이징 처리를 통한 멀칭 매트 base paper의 내수성 효과를 부여하기 위해 AKD 첨가량은 0.5% 조건이 효과적일 것으로 판단하여 매트 제조에 활용하였다.

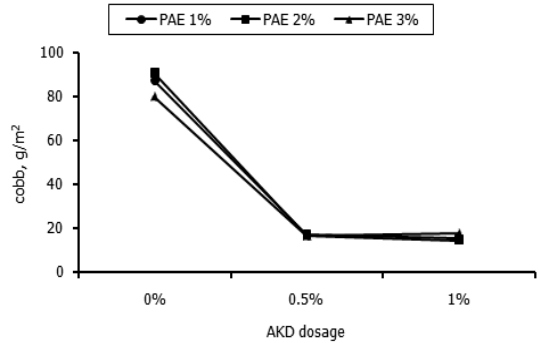


Fig. 6. Changes in cobb size degree of base paper prepared for mulching mat by addition amount of AKD and PAE.

### 3.4 멀칭 매트 제조용 base paper의 일광 차단 효과

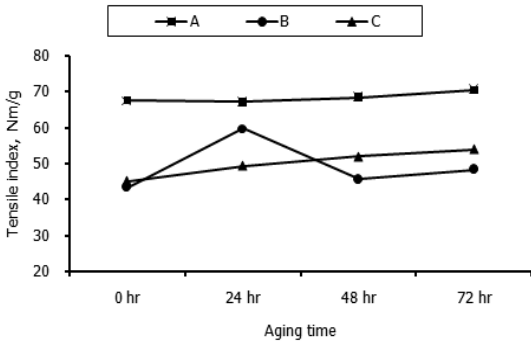
멀칭 매트와 적용은 햇볕 투과를 차단함으로써 잡초의 발아 및 생육을 억제하기 위한 기능성이 요구되어 매트 제조용 base paper의 일광 차단 효과를 평가하기 위하여 불투명도 특성을 평가하였다. 지료조성 조건에 적용한 AKD 및 PAE 첨가량은 불투명도 특성을 변화시키는 인자는 아니지만 본 실험에 적용한 첨가량 조건에 따라 제조된 수초 시트의 불투명도를 평가하였으며, 모든 조건에서 98% 이상의 결과를 얻었다. 따라서 멀칭 매트용 base paper 만으로도 충분한 일광 차단 효과가 있을 것으로 사료된다.

### 3.5 멀칭 매트 제조용 base paper의 노화 특성 평가

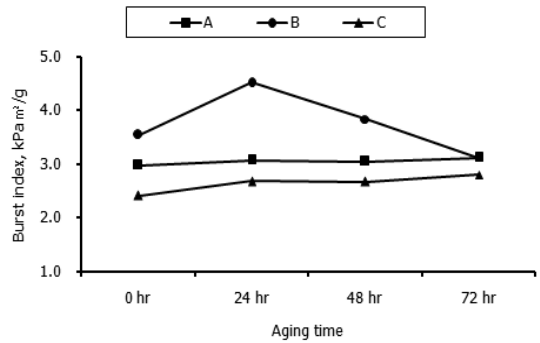
Fig. 7은 PAE 2% 및 AKD 0.5%를 첨가하여 제조한

Table 1. Change of opacity depending on dosage of AKD and PAE

		Opacity, %		
AKD, %	PAE, %	1	2	3
	0		100	100
0.2		99	98	99
0.5		100	98	99
1		100	100	100



**Fig. 7. Changes in tensile index by wet heat ageing under hot water.**  
(A: wet strength paper, B: base paper prepared for mulching mat, C: mulching paper)



**Fig. 8. Changes in burst index by accelerated ageing test by ISO 5630-1.**  
(A: wet strength paper, B: base paper prepared for mulching mat, C: mulching paper)

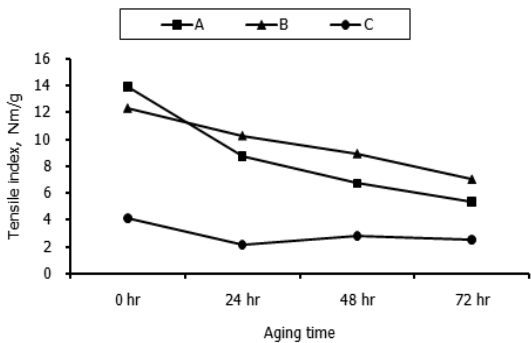
base paper와 상업용 습윤지력 증강지 및 상업용 멀칭지의 가열 노화에 따른 인장강도 특성을 비교한 결과이다. 실험에 사용한 모든 지종에서 노화 기간에 따른 인장강도의 감소는 크지 않았으나 지종간의 비교에서는 S사에서 분양 받은 습윤지력 증강지가 가장 우수한 인장강도 특성을 나타냈으며 제조한 base paper 및 B사의 멀칭지는 유사한 경향을 나타냈다.

Fig. 8은 가열 노화에 따른 base paper와 상업용 습윤지력 증강지 및 상업용 멀칭지의 파열강도 변화를 나타낸 결과이다. 노화 초기에는 base paper의 강도가 다른 지종에 비해 비교적 높았으나 노화가 진행 될수록 강도가 크게 감소하는 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 KOCC를 주원료로 사용하여 제조한 base paper

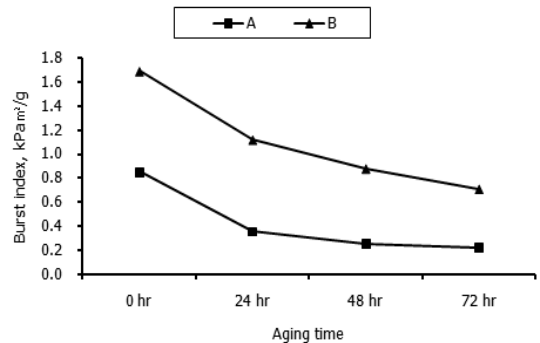
의 경우 섬유회수의 반복적인 회수처리에 의해 섬유인자에 의한 요인과 지력증강용 첨가제를 투입하지 않아 나타난 결과로 사료된다. 그러나 건식노화에 따른 평가는 멀칭지를 야외의 산지에 적용하였을 경우 높은 습도 조건에 노출되기 때문에 멀칭매트의 건식 노화 현상과 차이가 있을 수 있으므로 높은 수분 조건에서의 노화 평가를 추가적으로 실시하였다.

**3.6 수중 가열 노화에 따른 물리적 특성 변화**

다량의 수분과 장시간 접촉해야 하는 멀칭매트의 조건을 평가하기 위해 base paper와 상업용 습윤지력 증강지 및 상업용 멀칭지를 이용하여 고온의 수중 조건에서 가열처리를 행함으로써 노화를 실시하였다.



**Fig. 9. Changes in tensile index by wet heat ageing under hot water.**  
(A: wet strength paper, B: base paper prepared for mulching mat, C: mulching paper)



**Fig. 10. Changes in burst index by wet heat ageing under hot water.**  
(A: wet strength paper, B: base paper prepared for mulching mat, C: mulching paper)

Fig. 9는 수중 가열 노화 기간에 따른 인장강도 변화를 나타낸 결과로서 base paper의 인장강도 특성이 상업용 습윤지력 증강지 및 상업용 멀칭지에 비해 비교적 높은 강도 특성을 유지했다. 이는 습윤지력 증강제에 의해 생성된 결합이 수분으로부터 섬유간 결합을 유지시켜 나타난 결과로 사료된다.<sup>8)</sup>

Fig. 10은 수중 가열 노화 기간에 따른 파열강도 변화로서 인장강도 특성과 유사한 경향을 나타냈다. 따라서 멀칭매트 제조용 base paper를 노지 조건인 산지에 적용할 경우 종이 시트의 구조가 파괴되지 않고 일정 기간 이상 강도 특성을 나타내어 멀칭 매트로서의 기능성을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

## 4. 결론

조립 묘목 멀칭매트 제조용 base paper를 제조하기 위하여 습윤지력 향상 및 사이즈도 개선을 목적으로 지료조성 조건에서 화학첨가제의 투입 조건을 탐색하고, 최적 투입조건에 따른 수초지 제조 및 base paper의 노화 처리에 따른 물리적 강도 특성 평가, 일광 차단 능력을 평가 하였다.

PAE와 AKD를 첨가하여 제조한 멀칭 매트 제조용 base paper의 경우 PAE 2% 및 AKD 0.5% 조건이 건습 및 습윤강도에 우수한 결과를 나타냈으며, 또한 KOCC 지료의 섬유장 분급에 따라 미세분을 조절한 정선지료를 이용하여 제조한 수초지에서 건습 및 습윤강도의 개선 효과를 나타냈다.

멀칭매트 제조용 base paper와 상업용 습윤지력 증강지 및 상업용 멀칭지를 이용하여 가열노화 및 수중 가열 노화를 실시한 결과 제조한 base paper의 강도적 특성이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 이를 이용한 멀칭 매트 제조 시 조립지의 야외 조건에 장시간 노출되었을 경우에도 매트의 형태 및 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 제조한 base paper는 98%

이상의 높은 불투명도 특성을 나타내어 조립지에 적용 시 일광 차단에 의한 잡초제어 및 온습도 보지력의 기능성을 유지할 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 산림청 2007년 산림과학기술개발사업(조립묘목용 기능성 생분해 멀칭 매트 제조)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 인용문헌

1. 산림청 2009년도 주요업무 세부추진계획, 산림청, 32-46 (2009).
2. Lee, H.L., Ryu, J.Y., Youn, H.J., Chu, S.B., and Park, Y., Development of Multi-function Mulch papers and Evaluation of Their Performance, J. Korea TAPPI 30(3) : 38-45 (1998).
3. 임업기술(eB), 산림과 임업기술, 제1편 산림일반, 산림청.
4. Yoon, S.H., Kim, T.Y., Kim, D.K., Song, B.K., Polymer Adsorption and Fiber Dispersion Stability of a Paper Stock colloidal Suspension with a PAC-PAE Dual Polymer System, J. Korea TAPPI 35(2):18-25 (2003).
5. David I. D., and Stephen A. F., Wet-strength mechanism of polyamino amide-epichlorohydrin resins, Tappi J. 76(8) : 121-128 (1993).
6. Paula M., Huining X., Carlos A. V. Costa, Mohamed N. B., John c. Roberts, Influence of impulse drying on the retention and sizing of paper with alkyl ketene dimer, Tappi J. 2(2) : 25-29 (2003).
7. 이학래, 이복진, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 손청만, 제지과학, 광일문화사, p271 (2000)
8. Herbert H. ESPY, The mechanism of wet-strength development in paper : a review, Tappi J. 78(4) : 90-99 (1995).