

# 조림묘목용 멀칭매트의 이종재료 탐색 및 도양 적용성 평가

김형진, 이급자, 강광호, 유영정  
국민대학교 임산공학과

## 1. 서론

최근 온실가스 감축 방안의 하나로 조림에 대한 관심이 높아지고 있으며 우리나라는 2012년까지 탄소흡수 역량을 현재 대비 30%까지 확충하고자 하는 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 조림사업에는 주로 2~3년생의 어린 묘목을 심어 숲을 형성하게 되는데 이러한 조림 묘목의 원활한 성장을 위해서는 mulching 기술의 도입이 반드시 필요하다. mulching 기술이란 토양의 온도 및 습도 유지와 잡초 발생 억제효과를 위하여 조림 묘목 주위를 덮어 묘목을 보호하고 성장을 촉진하는 기술을 일컫는다. 그러나 현재 조림 묘목용 멀칭매트의 개발에 관한 연구는 미비한 실정이며 따라서 친환경적이고 생분해가 가능한 조림 묘목용 멀칭매트의 개발이 요구되는 바이다. 이에 본 연구에서는 생분해가 가능한 종이와 이종재료를 혼합하여 멀칭 매트 디자인을 고안하고 조림 묘목용 멀칭 매트로서의 적용 가능성을 평가하였으며 제작된 멀칭 매트의 환경영향성을 조사함으로써 친환경 멀칭 매트 개발의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1. 섬유상 원료 및 첨가제

Base paper 제작을 위한 섬유상 원료로는 국산 폐골판지 (KOCC, Korean Old Corrugated Container)를 사용하였으며, 첨가제로는 고휘분비가 20%인 AKD(alkyl ketene Dimer)와 고휘분비 13.5%로 구성된 PEA(Poly - aminoamide - epichlorohydrin resin)을 사용하였다.

#### 2.1.2. 멀칭지

본 실험에 사용된 멀칭지는 생분해성 고분자로 제작된 멀칭필름과 UKP로 구성된 종이 위에 생분해성 고분자가 코팅된 멀칭지가 사용되었다.

### 2.1.3. 이종재료 및 접착제

멀칭매트 제작에 사용되는 이종재료는 왕겨와 톱밥, 세절지를 사용하였으며 접착제는 초산비닐계 접착제를 사용하였다.

### 2.1.4. 환경 영향성 평가에 사용된 시약 및 기구

실험에 사용된 시약은 전자급 시약인 질산, 염산, 과산화수소를 사용하였고 회석 및 세척수는 HPLC급 초순수를 사용하였다. 회수율 분석 및 검량선 작성에는 ICP-MS 용 중금속 표준용액을 사용하였으며 자세한 성상을 Table 2~3에 나타냈다.

Table 1. Specification of reagents

Reagents	Concentration(%)	Density(g/ml)	Boiling Point(°C)
Water	-	1.00	100
Nitric acid	69-70.0	1.41	83
Hydrochloric acid	35-37.0	1.18	110
Hydrogen peroxide	35	1.1	126

Table 2. Specification of reference standard solution

Reagents	Concentration (ppm/%)	Matrix	Analytes
ICP-MS Multi-Element Standard	10	5% HNO <sub>3</sub>	Cu, Cr, Cd, Pb

## 2.2. 실험 방법

### 2.2.1. 멀칭매트 제작 및 이종재료 탐색

이종재료는 blowing 시료 혼합기를 이용하여 접착제를 도부하였다. 혼합된 이종재료를 투입한 뒤 매트 형태로 성형 한 뒤 열압프레스에서 120°C 온도에서 1.5ton의 압력

으로 20분간 pressing 하였다.

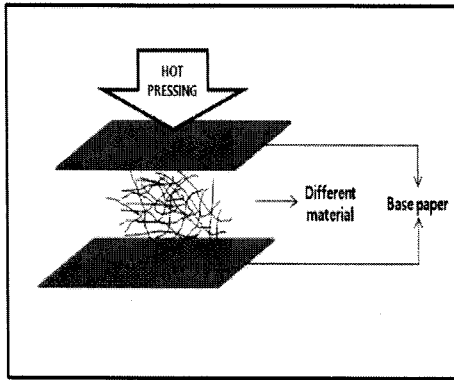


Fig. 1. Schematic diagram of mulching mat manufacture process.

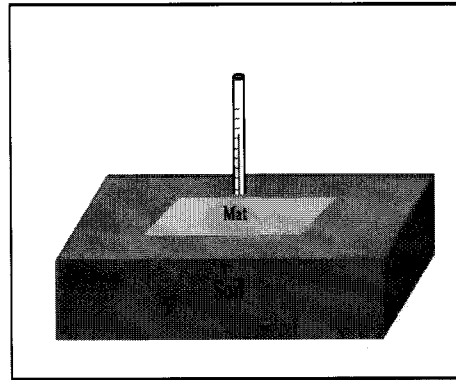


Fig. 2. Schematic diagram of measurement of temperature in soil covered mulching mat.

### 2.2.2. 토양 내 온도 변화 평가

멀칭메트 적용 후 토양의 온도변화를 측정하기 위해 멀칭메트를 60 × 60 cm로 재단하여 지표면에 설치하고 토양 3 cm 깊이에 온도계를 설치하여 토양 온도변화를 일주일 동안 2시간 간격으로 관찰하였다.

### 2.2.3. 강우건뢰도 측정

수분에 대한 저항성을 평가하기 위해 인공강우장치를 제작하여 분당 8 L의 유량으로 5일 동안 살수하여 강우건뢰도를 측정하였다. 시편은 인공강우 실시 후 24, 72시간에 시료를 채취하여 항온항습조건에서 48시간 동안 조습처리한 후 파열강도를 측정하였다.

### 2.2.4. 환경영향성 평가

분해 대상 시료를 킬달플라스크에 1 g을 정확히 취하고 질산, 과산화수소, 염산을 각각 20 ml, 3 ml, 3 ml 씩 순차적으로 투입하여 남은 용액이 5ml가 될 때까지 가열 분해를 실시하였다. 가열 분해가 완료된 용액은 상온에서 방냉 시킨 후 초순수를 이용

하여 킬달 플라스크의 벽을 세척하고 세척액과 희석액을 합하여 정확히 100 ml가 되도록 맞춘 다음 0.45 $\mu$ m의 실린지 필터를 이용하여 여과를 실시하여 중금속 분석용 전처리 시료로 사용하였다.

### 3. 실험결과

#### 3.1 멀칭매트 제작

Fig 3~5는 base paper와 왕겨, 톱밥, 세절지를 이용하여 편면, 양면 멀칭매트를 제작한 이미지이다.

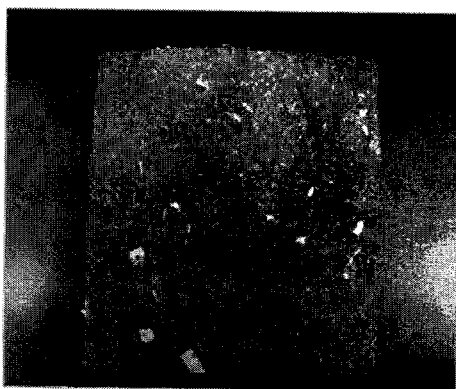


Fig. 4. The image of single layer mulching mat blending different material

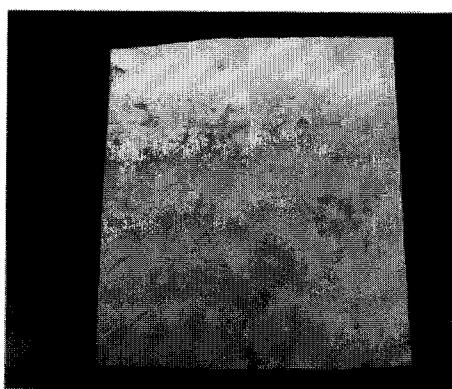


Fig. 5. The image of double layer mulching mat blending different material

#### 3.2 토양온도변화

Fig. 6은 토양에 멀칭매트를 적용한 후 7일 동안 토양온도변화를 측정된 결과이다. 토양온도 측정 결과 오전 9시경 지표면 온도가 10.5 $^{\circ}$ C일 때 멀칭필름은 13 $^{\circ}$ C, 멀칭지는 12.5 $^{\circ}$ C, 멀칭매트는 12 $^{\circ}$ C로 측정되었으며 오후 2시경 토양온도가 20.5 $^{\circ}$ C일 경우에는 각각 25 $^{\circ}$ C, 22 $^{\circ}$ C, 18 $^{\circ}$ C로 측정되었다. 이로 보아 멀칭매트의 지온 변화에 따른 온도 변화가 다른 지중에 비하여 크지 않았으며 지온의 유지 효과가 가장 우수하였다.

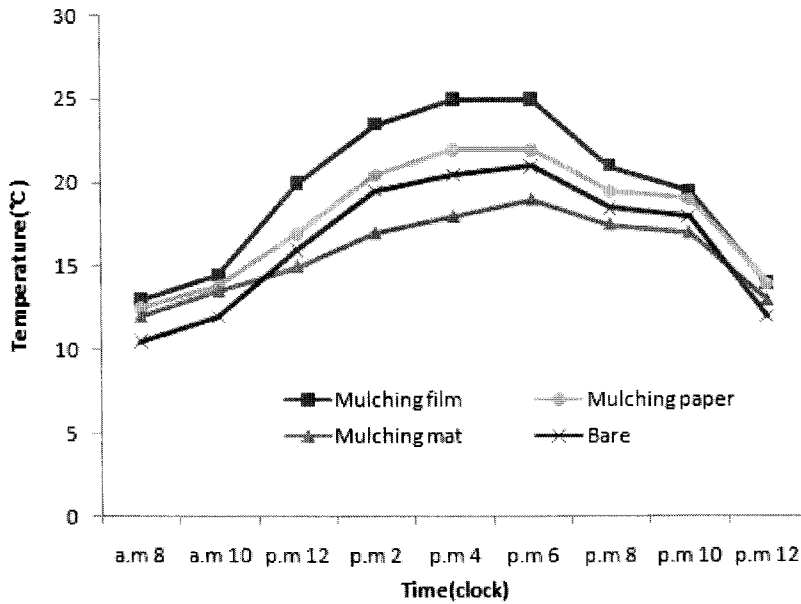


Fig. 4. Variation of temperature in soil covered different mulching materials.

### 3.3 강우견뢰도

Table 4는 base paper와 습강지 그리고 멀칭매트의 강우견뢰도를 측정하기 위해 72 시간 동안 유량이 8 L/min되게 하여 살수한 후의 파열강도 감소율을 나타낸 결과이다. 멀칭지 D가 9.29%로 가장 낮은 파열강도 감소율을 나타냈으며, 습강지가 18.89%로 가장 높은 파열강도 감소율을 나타냈다.

Table. 4. Loss of burst strength of mulching paper after resistance to the rain

Ageing time	Loss of burst strength(%)		
	Base paper	Wet strength paper	Mulching mat
24 hr	11.93	5.45	3.39
72 hr	18.69	18.89	9.29

### 3.4 환경영향성평가

#### 3.4.1 상업용 멀칭지 제품 4 종의 중금속 함량 결과

Table 5는 상업용 멀칭지 제품 4 종의 중금속 함량을 측정된 결과이다. Cu의 경우 멀칭지 A, B, D에서 4.77~6.37 mg/kg 범위에서 검출되었으며 멀칭지 C는 검출되지 않았다. Cr은 모든 멀칭지 제품에서 0.64~3.33 mg/kg의 범위에서 검출되었다. Cd은 멀칭지 B, C에서 각각 0.17mg/kg, 0.48 mg/kg이 검출되었으며, Pb는 모든 멀칭지에서 검출되지 않았다.

Table 5 Heavy metal content of mulching paper (Unit : mg/kg)

	Cu	Cr	Pb	Cd
<b>Mulching paper A</b>	5.34	3.33	n.d..	n.d.
<b>Mulching paper B</b>	4.77	1.535		0.17
<b>Mulching paper C</b>	n.d..	0.64		0.48
<b>Mulching paper D</b>	6.37	1.12		n.d.

#### 3.4.2. 생분해성 고분자 코팅 base paper 중금속 함량측정 결과

Table 6은 생분해성 고분자 코팅 base paper의 중금속 함량을 측정된 결과이다. Cu가 base paper에서 35.26 mg/kg, coated paper에서는 32.47 mg/kg이 검출되었으며, Cr은 base paper에서 7.26 mg/kg, coated paper는 6.63 mg/kg 검출되었다. Cd은 base paper와 coated paper에서 1 mg/kg 미만으로 미량 검출되었으며, Pb는 검출되지 않았다.

Table 6. Heavy metal content of base paper and coated paper (Unit : mg/kg)

	Cu	Cr	Pb	Cd
<b>Base paper</b>	35.26	7.26	n.d.	0.915
<b>Coated paper</b>	32.47	6.63	n.d.	0.35

#### 3.4.3. 생분해성 고분자 및 이중재료의 중금속 함량 측정 결과

Table 7은 생분해성 고분자인 PES와 PLA를 중금속 함량을 측정된 결과이다. PES

와 PLA에서 모든 중금속이 검출되지 않은 것으로 미루어 보아 환경에 미치는 악영향이 없을 것으로 판단된다.

Table 7. Heavy metal content of biodegradable polymer (Unit : mg/kg)

	Cu	Cr	Pb	Cd
PES	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
PLA	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Table 8은 접착제와 이종재료 3종을 산분해 처리 후 ICP-OES를 이용하여 중금속 함량을 측정한 결과이다. 접착제와 이종재료 A는 중금속이 검출되지 않았으며 이종재료 B, C에서 Cu가 6.76 mg/kg, 3.78mg/kg이 검출되었다. 또한 Cr은 이종재료 B, C에서 각각 6.21mg/kg, 0.085mg/kg이 검출되었다.

Table 8. Heavy metal content of different material (Unit : mg/kg)

	Cu	Cr	Pb	Cd
Adhesive	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Material A	n.d.	n.d.		
Material B	6.76	6.21		
Material C	3.78	0.085		

#### 4. 결 론

본 연구에서는 생분해가 가능한 천연소재인 종이와 이종재료를 혼합하여 조립 묘목용 멀칭 매트를 제작하고 그 적용 가능성을 평가하였다. 제작된 멀칭 매트를 토양에 적용하고 시간 경과에 따른 온도 변화를 측정된 결과 외부온도와 관계없이 일정한 온도를 유지 하였으며 강우건뢰도 측정결과 9.29%로 낮은 감소율을 나타냈다. 이로 미루어 보아 토양 및 기후변화에 따른 멀칭매트의 안정성이 다른 멀칭지 보다 우수한 것으로 판단된다. 또한 환경영향성 평가를 위하여 멀칭매트 제조 시 사용되는 이종재료 및

base paper의 중금속 분석을 실시한 결과 Cu를 제외한 Pb, Cr, Cd는 5 ppm이하로 검출되었다.

## 사 사

본 연구는 산림청의 산림과학특정연구(S120708L1901104, 조림묘목용 기능성 생분해 멀칭 매트 제조)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## 5. 참고문헌

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. 김형진, 유영정, 오동근, 박재석, 생분해성 고분자 혼합비율에 따른 멀칭매트의 특성 평가, Proceeding of spring conference of Korea TAPPI, pp 303-308 (2008).
4. Dong Geun Oh, Hyoung Jin Kim, Studies on the Physical Properties of Base Paper for the Manufacture of Mulching Mat for Afforestation Seedling, J. Korea TAPPI 41(1) :36-42 (2009).
5. 산림청 2008년도 기후변화 대응 산림종합대책(안), p11 (2008)