조림묘목 멀칭매트 제조용 생분해성 고분자의 특성 평가

Characterization of Biodegradable Polymer for Afforestation Seedling Mat

김강재, 조정혜, 엄태진

경북대학교 임산공학과

1. 서 론

멀칭(mulching)이란 농작물을 재배할 때 토양의 표면을 덮어주는 작업을 말하는 것으로 polyethylene, polyvinyl chloride 필름을 주로 사용하고 있다. 멀칭을 함으로써 토양의 침식방지 및 수분유지, 지온조절, 잡초억제, 토양전염성 병균 방지 및 토양의 오염방지 등 많은 이점이 발생하게 된다. 하지만 조림용 묘목재배에 멀칭이 사용되는 경우는 드물고 멀칭매트의 생분해성 및 환경에 대한 안정성의 평가가 미비한 실정이다. 따라서 조림묘목용 멀칭매트의 개발이 시급히 요구되고 있다.

생분해성 고분자(biodegradable polymer)라 함은 “자연계에 있어서 미생물이 관여해서 저분자 화합물로 분해된 고분자(고분자화합물 및 배합물)”라고 표현할 수 있다. 이 표현에서 “분해”라고 하는 말은 고분자화합물의 화학결합이 일부 절단되거나, 물리적 변화에 제품이 원래 형상을 소실하는 것으로서, 변화 후에도 대부분 분자량이 큰 화합물로 남아 있다고 하는 경우에는 분해되었다고 말할 수 없다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 연구에서 선택된 2종의 생분해성 고분자를 혼합 비율별로 배합한 후 생분해도 및 고분자 함침 종이의 강도를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2. 1. 재료 및 배합 비율별 제조

이전의 연구에서 선택된 생분해성 고분자 2종을 본 연구에 사용하였으면 이들의 기본 특성 및 혼합 비율을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Physical properties of biodegradable polymer

Polymer	Specific gravity	Mixed ratio	Note
Poly lactic acid(PLA)	1.24	0 : 10	
PES : PLA	1.24~1.25	1 : 9	
		2 : 8	
		3 : 7	
		4 : 6	
		5 : 5	
		6 : 4	
		7 : 3	
		8 : 2	
		9 : 1	
Polyester(PES)	1.25	10 : 0	

2. 2. 생분해도 측정

PES와 PLA를 잘 용해시킨다고 알려진 lipase(*Pseuvomonas* sp.에서 추출)를 사용하였다. Lipase는 40-65℃, pH 5.0-10.0에서 최적 활성을 나타낸다. 본 실험은 실험 전·후의 중량감소를 이용하여 생분해도를 측정하였다. Phosphate buffer(pH 7.0), 고분자, 효소를 첨가하여 전체 부피가 10ml가 되도록하였다. 이 때 lipase의 투입량은 30mg/L가 되도록 하였다. 이 반응물을 37℃, 180rpm의 rotary shaking incubator에서 반응시킨 후 8, 16, 24, 48시간이 경과한 후 filter paper로 걸러 30℃의 dry oven에서 건조시킨 후 중량감소를 측정하였다.

한편, 생분해된 고분자 필름의 표면을 50배율의 비디오 현미경(Samsung SDC-411, Korea)으로 관찰한 후 소프트웨어 프로그램인 i-solution을 이용하여 3D 영상을 확인하였다.

2. 3. 고분자 함침 종이의 강도

고분자 함침 종이의 강도를 측정하기 위하여 박 등(2006년)의 문헌과 같이 chloroform에 고분자를 투입한 후 30분 동안 가끔씩 교반하며 완전히 용해시켰다. 그 후 B_5용지(인쇄용지)를 dipping하여 평균 함침량이 5g/m^2이 되도록 만든 후 기건상에서 건조하여 함침종이를 제작하였다.

강도 측정은 Table 2와 같은 방법으로 측정하였다.

Table 2. Mechanical properties of polymer dipped paper

Method	Unit	Standard	Measurment
Tensile strength	N·m/g	KS M 7014	Hounsfield H500M, England
Breaking elongation	%	KS M 7014	Hounsfield H500M, England
Tear strength	$mN \cdot m^2/g$	KS M 7016	Elmendorf paper tester, USA
Folding endurance	$\log_{10} f$	KS M 7065	MIT tester, Korea
Stiffness	cm^3	KS M 7077	Clack stiffness tester, Japan

3. 결과 및 고찰

3. 1. 혼합 고분자의 생분해 특성

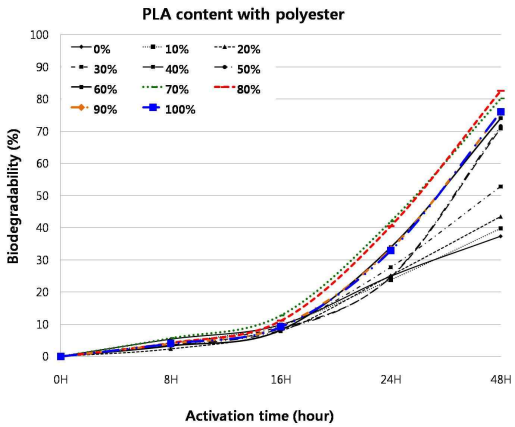

Fig. 1. Biodegradability of mixed polymers by lipase.

Fig. 1은 비율별로 혼합된 고분자를 48시간 동안 생분해도 측정을 한 것이다. PLA의 함량이 40% 이상이 되면 생분해도가 70% 이상으로 아주 높은 값을 보이고 있었으며 그 중에서도 70-80%의 PLA를 혼합한 경우 가장 높게 나타났다. 생분해의 속도만 늦을 뿐 모든 sample은 생분해능을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이것은 고분자의 분해가 일어날 때 비결정영역이 먼저 분해를 일으킴에 따라 구조가 파괴되기 때문이다.

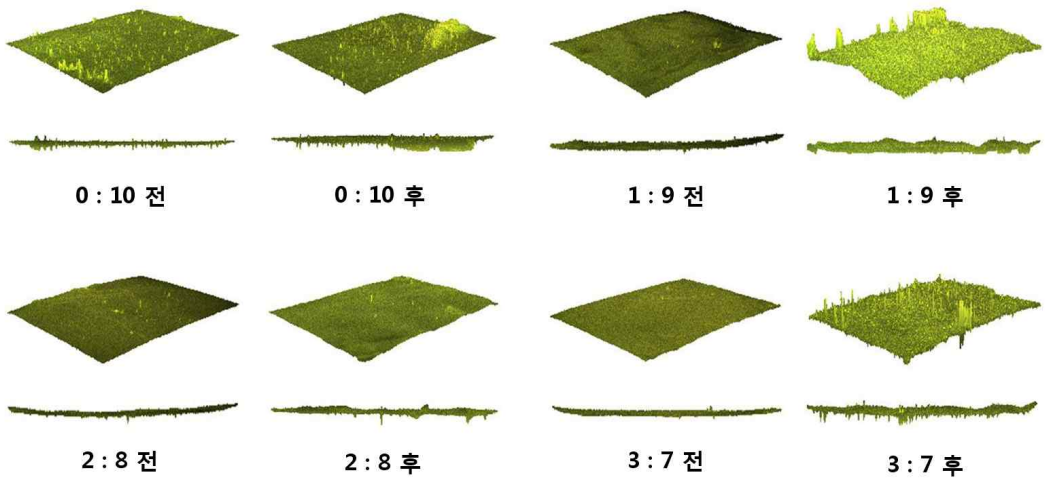

Fig. 2. 3D surface image of mixed polymers after biodegradable test.

Fig. 2는 24시간이 경과한 후 고분자 film의 표면을 3D image로 관찰한 것이다. 48시간이 경과한 후 고분자 film은 원래 형태의 70% 이상이 분해가 일어나 정확한 측정이 불가능하여 24시간이 경과한 후의 표면을 측정하였다. 그 결과 생분해도가 가장 높은 4종의 혼합고분자 표면이 상당히 거칠어 졌음을 알 수 있었다.

3. 2. 고분자 함침지의 강도 특성

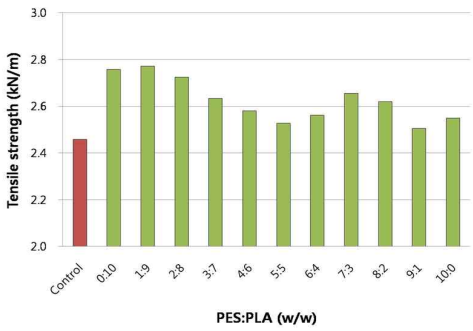

Fig. 3. Tensile strength of polymer dipped papers.

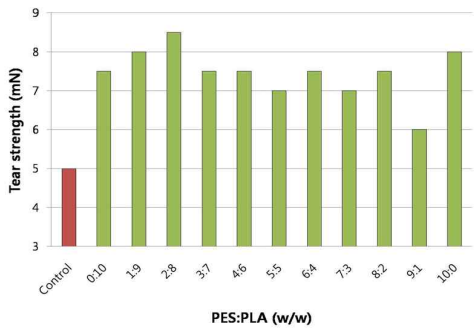

Fig. 4. Tear strength of polymer dipped papers.

Fig. 3과 4는 고분자 함침지의 강도를 측정한 것이다. 종이에 고분자가 함침됨에 따라 강도는 증가하였으며 특히, PES : PLA의 비율이 0 : 10 ~ 3 : 7일 때 가장 높은 강도를 나타내고 있었다. 이것은 신장률, 내절도에서도 같은 결과로 나타나 고분자의 함침에 따라 종이의 강도가 더욱 강해지며 묘목을 더욱 튼튼히 보호할 수 있을 것으로 사료된다. stiffness는 control과 고분자 함침지간의 큰 차이가 나타나지 않았다.

4. 결 론

1. PLA의 함량이 40% 이상일 때 혼합 고분자 film의 생분해도는 70% 이상으로 높게 나타났다.
2. 고분자 함침지의 강도는 PLA의 함량이 70~100% 일 때 다른 것에 비해 높은 강도를 보였으며 그 중 80% 일 때가 가장 높은 강도를 보였다.
3. Stiffness에서는 control과 함침지간의 큰 변화는 관찰할 수 없었다.

5. 참고문헌

1. 조정혜, 김강재, 엄태진, 조림묘목 멀칭매트 제조용 생분해성 고분자, (사)펄프·종이공학회 춘계학술발표논문집, 223-228(2009).
2. Zini E, Baiardo M, Armelao L, Scandola M, Biodegradable polyesters reinforced with surface-moldified vegetable fibers, Macromol. Biosci., Vol 4(2004), 286-295.
3. Zhaobin Qiu, So Fujinami, Motonori Komura, Ken Nakajima, Takayuki Ikehara, Toshio Nishi, Structure and properties of biodegradable polymer-based blends, Macromol. Symp., 216(2004), 255-263.
4. 박정희, 홍은영, 제사속도와 열처리에 따른 polylactic acid 섬유의 물성 및 생분해성 변화, 한국의류학회지, Vol.30(2006), 607-614.
5. N. Kumar, R. S. Langer, A. J. Domb, Polyanhydrides:an overview, Adv. Drug Delivery Rev., Vol. 54(2002), 889-910.