

최 종  
연구보고서

원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 개발

Development of Insect-Repelling and Weeding PE  
mulching film for Horticultural Application

연구기관

서울대학교

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 9 월 30 일

주관연구기관명 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 박 종 신

연 구 원 : 조 재 환

협동연구기관명 : 수원대학교

협동연구책임자 : 전 병 철

연 구 원 : 윤 윤 식

협동연구기관명 : 농업기술원

협동연구책임자 : 박 경 렬

# 요 약 문

## I. 제 목

원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구개발의 목적은 여름철에 토마토, 고추 등과 같은 작물재배시 지면을 덮음으로서 여러 가지 작물에 유해한 해충의 유입을 막을 수 있고, 지표면의 지온상승 감소를 가져오며 잡초의 성장을 억제할 수 있는 원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름을 개발하는 것이다. 즉, UV 광반사 특성을 갖는 필름층과 카아본블랙을 함유하고 있는 흑색 필름층의 두 층으로 이루어진 멀칭 필름을 제조함으로써 UV 반사필름층이 자외선 영역인 파장 400nm 이하에서의 최대 반사율 피크와 파장 500nm에서의 가시광선 반사광의 비(ratio)를 1.4보다 크게 해충과 동시에 흑색필름층이 제초 효과를 가져오게 해 주는 것이다.

제충·제초멀칭필름은 기술적 및 산업·경제적으로 중요한 의미를 갖는다. 기술적으로는 UV 반사 첨가제의 빛 반사율과 해충 퇴치능을 갖는 멀칭필름 제조기술을 확보할 수 있으며, 기존 멀칭 필름보다 두께가 얇고 가격이 저렴하면서도 제충·제초 효과가 우수한 신제품 생산 기술이 가능해진다. 또한 본 기술을 이용하여 다른 용도(예, 수확된 야채류 보관용 필름 및 기타 포장용 필름)에로의 응용이 가능하다. 경제·산업적 측면에서는 제충·제초 기능을 갖는 멀칭 필름을 사용하게 되면 해충 감소로 인한 20% 이상 생산량의 향상으로 농가의 소득 증대가 기대되고, 작물 재배시 농약사용을 줄일 수 있어 생산원가 절감 및 환경 오염에 의한 피해를 줄일 수 있다. 또한 현재 시장 규모 30,000톤 (년간 매출액 600억원)의 기존 멀칭 필름 시장의 10%

정도를 제충·제초 멀칭 필름으로 대체시 이에 따른 필름 제조 업체의 매출액 증대 및 기술력 축척이 가능하다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름을 개발하기 위한 본 연구개발의 내용은 두 개의 층(layer)으로 구성되는 멀칭 필름을 제조함으로써 반사 필름 층은 자외선 영역인 파장 400nm 이하에서 반사 피크( $R_A$ )를 가지게 하며 가시광선 영역인 파장 500nm에서의 가시광선 반사피크( $R_B$ )와의 비(ratio)인  $R_A/R_B$ 가 1.4 이상이 되게 하는 것이다. 또한 잡초의 성장을 제거하는 제초 효과를 갖기 위해서는 흑색 필름 층이 있어야 하는데 이는 반사 필름 층과 2-layer를 형성하면 된다. 보다 구체적인 연구개발의 내용과 범위는 다음과 같다.

- PE 및 carbon black을 이용한 compounding
- 멀칭필름 소재의 구조 및 열분석
- 첨가제의 표면 처리에 따른 폴리에틸렌 수지와와의 상용성 조사
- UV 반사 첨가제 성능 분석 및 첨가제의 종류 및 함량 변화에 따른 빛 반사율과의 상관 관계 정립
- PE/UV 반사 1-layer 멀칭 필름 시생산 및 성형기술 개발
- 2-layer 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 생산 및 가공 조건 확립
- 시제품에 대한 field test 실시

### Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

제충·제초효과를 갖는 멀칭필름의 제조를 위한 본 연구개발을 통하여 본 연구진들은 원래에 목표로 하였던 제충 및 제초효과를 갖는 제품을 성공적으로 제조할 수 있었고 이에 대한 제조기술을 확보할 수 있게 되었다. 현재 시점에서 본 연구에서

개발한 멀칭필름을 실제로 농업용에 활용하기 위해서는 우선 원예시범단지에서의 대규모 field test가 필요할 것으로 사료되며, 장기적으로는 멀칭필름에 생분해성을 부여해 주는 기술의 개발도 동시에 이루어져야 할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구개발에 참여한 기업에 대한 양산시스템 구축을 위한 지원과 일정기간동안의 field test 용 개발지원을 해 줄 필요가 큰 것으로 판단된다. 그럴 경우, 본 제충·제초용 멀칭 필름의 농업 및 원예분야에 대한 실용화는 성공적으로 마무리될 것이다.

# SUMMARY

## I. Title

Development of Insect-repelling and weeding Polyethylene Mulching Films for Horticultural Application

## II. Purpose and Necessity

The objective of this study is the development of insect-repelling and weeding polyethylene(PE) mulching films for agricultural and horticultural uses which have the effects of the water conservation, the insect repellency, the inhibition of weed growth, and the prevention of soil-temperature increase by covering the soil surface when we cultivate the crops such as tomato and hot pepper in summer. PE mulching films are 2-layered films ; one is UV reflective layer of which the UV reflectance ratio( $R_A/R_B$ ) is higher than 1.4 and the other is the black film layer which contains carbon-black and has the weeding effect.

Insect-repelling and weeding mulching films have the technological, industrial and economical importances. In technological aspects, we can secure processing technology of mulching films which have the insect-repelling ability by means of the light-reflection of UV reflective additives. And we can produce the mulching films which are superior in insect-repellency and weeding ability and are thinner and cheaper than those produced previously. We can also apply the technology to another fields such as the preparation of the packaging films of the various agricultural products. In economical and industrial aspects, we can expect the increase of farmhouse's income from the improvement of the productivity due to

the decrease of the vermin if the insect-repelling and weeding mulching films were used. Also, because the mulching films can be used as the displacement of the insecticide or the herbicide, we can reduce the production cost and the damage by the environmental pollution. In the present time, 30,000t(60 billions won) of mulching films have been produced annually and, if about 10% of products were displaced with the insect-repelling and weeding mulching films, the companies which produce the insect-repelling and weeding mulching films can increase the profits and accumulate the technology.

### **III. Contents and Scope**

For the sake of developing the insect-repelling and weeding PE mulching films, 2-layered mulching films must be prepared. One is UV reflective layer of which the UV reflectance ratio( $R_A/R_B$ ) is higher than 1.4( $R_A$  : maximum reflection rate at UV region below 400nm,  $R_B$  : maximum reflection rate at Visible region above 500nm). And the other is the black film layer which contains carbon-black and has the weeding effect. The details of this study are as follows ;

- Compounding of PE and carbon black
- Structural and thermal analysis of the mulching films
- Compatibility of PE resin and surface-treated additives
- Analysis of the capacity of UV reflecting additives
- Relationship between the kinds and contents of UV reflecting additives and the reflection rate
- Production of UV reflecting PE 1-layer mulching films and development of the moulding techniques
- Establishment of the manufacturing and processing conditions of the insect-repelling and weeding PE mulching films
- Field tests of the mulching films produced

#### **IV. Results of the research and suggestions of its application**

As the results of this study, we could successfully prepare the mulching films which had the effective insect-repelling and weeding ability and accumulate the manufacturing techniques of the insect-repelling and weeding mulching films. At this time, so as to apply the mulching films developed in this study to the real agricultural and horticultural uses, we need to accomplish the field tests in a horticultural experimental station. Also, in the environment-related aspects, the development of the techniques which yield the biodegradability to the mulching films must be undertaken simultaneously. Therefore, for the construction of the manufacturing system in the company which participates in this research, the commercialization of the product of this research, and the field tests for a long time, continuous investments are considerably required.



# CONTENTS

Chapter 1. Introduction	12
1. Necessity of the research	12
2. Purpose and contents of the research	23
3. Methods of the research	25
4. Accomplishing system of the research	28
5. Effects of the research	29
6. Applications of the results of the research	30
Chapter 2. Manufacturing and analysis of the insect-repelling and weeding mulching films	31
1. Manufactring of the insect-repelling and weeding mulching films	31
2. Properties of the insect-repelling and weeding mulching films	35
3. Analyzing methods of the capacity of the insect-repelling and weeding mulching films	37
Chapter 3. Light-reflecting properties of the mulching films	41
1. Introduction	41
2. Reflection ratio of the mulching films developed in this research	43
3. Comparison of the mulching films developed and the existing mulching films	52
Chapter 4. Mechanical properties of the mulching films	55
1. Mechanical properties of the mulching films	55
2. Thermal properties of the mulching films	73
3. Structural properties of the mulching films	78
4. Morphology of the mulching films	81
Chapter 5. The insect-repelling and weeding effects of the mulching films	84
1. Introduction	84
2. The insect-repelling and weeding effects of the mulching films	87

Chapter 6. Conclusions ————— 104

References ————— 106

**Appendixes**

1. Published Journals and Patent ————— 109

2. Twin extruder for Master-batch manufacturing ————— 127

3. Pictures of crop-culturing states in field tests ————— 128

# 목 차

제 1 장 서론	12
제 1 절 연구개발의 필요성	12
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용	23
제 3 절 추진전략 및 방법	25
제 4 절 연구개발 추진 체계	28
제 5 절 기대효과	29
제 6 절 활용방안	30
제 2 장 제충·제초 멀칭필름의 제조와 분석	31
제 1 절 제충·제초 멀칭필름의 제조	31
제 2 절 제충·제초 멀칭필름의 특성 분석	35
제 3 절 멀칭필름의 제충·제초 성능 평가방법	37
제 3 장 멀칭필름의 광반사 특성	41
제 1 절 서론	41
제 2 절 본 연구개발의 멀칭필름 광반사율	43
제 3 절 시판제품과의 광반사율 특성 비교	52
제 4 장 멀칭필름의 물성 평가	55
제 1 절 멀칭필름의 기계적 성질	55
제 2 절 멀칭필름의 열적 성질	73
제 3 절 멀칭필름의 구조적 성질	78
제 4 절 멀칭필름의 모폴로지	81

제 5 장 멀칭필름의 제충·제초효과 ————— 84

제 1 절 서론 ————— 84

제 2 절 멀칭필름의 제충 및 제초효과 ————— 87

제 6 장 결 론 ————— 104

참고문헌 ————— 106

부록

부록 1. 국내외 전문학술지 발표논문 및 특허 ————— 109

부록 2. 마스터배치 제조용 twin extruder 설비 ————— 127

부록 3. Field test용 작물 재배 현황 사진 ————— 128

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구개발의 필요성

### 1. 연구개발의 필요성

#### 가. 기술적 측면

최근에 들어와서 채소, 화훼, 과일 등을 재배시 비닐 하우스, 터널 및 지표를 덮기 위한 재료로서 여러 가지의 투명 또는 결정성 폴리에틸렌 필름이 사용되고 있다. 비닐하우스 및 터널에 사용되는 폴리에틸렌 필름은 주로 추운 계절에 온도를 유지시켜서 작물의 성장을 돕기 위한 목적으로 사용된다. 한편 작물재배시 지표면을 덮는데 사용되는 소위 멀칭(mulching) 필름은 주로 토양내의 습기를 유지하고, 지면의 온도 상승과 비료의 유실 방지를 위해서 주로 사용되고 있다. 그러나 이러한 멀칭 필름의 사용시에는 해충(harmful insects)에 의한 작물의 피해가 문제가 되고 있다. 따라서 이러한 해충에 의한 피해를 줄이기 위해서 해충 기피제, 살충제 등과 같은 농약을 사용하거나 해충을 유인하는데 효과적인 ferromone 또는 색 테이프 등을 이용하여서 해충을 잡는 방법이 이용되어 왔다. 하지만 이러한 방법들은 모두 문제들을 갖고 있다. 예를 들어 농약의 사용은 장기간 사용할 때 이에 죽지 않는 해충이 발생할 수도 있고 그리하여 더 강력한 효능을 갖는 새로운 농약의 개발이 필요하게 되어서 이로 인한 인간에 대한 독성 증가 및 맹독성의 약물이 토양 등에 잔류하게 됨에 따라 2차적인 환경 오염이 우려된다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 상기에 언급한 환경오염의 문제가 없이 해충들을 제거하기 위한 다른 방법들이 제시되었다. 예를 들어 필름의 표면을 햇빛에 많이 반사되는 물질(예를 들어 알루미늄 증착 필름 등)로 커버시킨 후 지표면에 깔아서 날아오는 해충의 유입을 감소시키는 방법이 있다. 또한 비닐하우스나 터널을 근 자외선을 차단시키는 필름으로 덮어서 해충으로부터 보호하는 방법이 있고 이 중 일부는 이미 사용중이기도 하다. 하지만 상기 방법 중에서 알루미늄 증착 필름을 사

용하는 방법은 높은 가격이 문제가 되고 게다가 높은 빛 반사율에도 불구하고 낮은 빛 투과율로 인해서 비닐하우스나 터널의 커버용으로는 적합하지 않다. 또한 멀칭용으로 사용할 때에도 지표 온도가 다소 상승하기 때문에 이러한 성질은 소수 특정 작물 외에는 실용적이지 못하다. 게다가 비닐하우스나 터널을 덮는 방법은 eggplant의 성장에 영향을 미치거나 꽃들의 색상에 영향을 미치기 때문에 적용시 많은 제약을 받는다. 또한 멀칭으로 사용할 때 해충 방지에는 별 효과가 없다.

이러한 관점에서 작물에 날아와서 기생하는 해충들을 제거하고 재배 작물의 보호와 이에 따른 성장을 향상시키는 방법이 연구되어 왔다. 그리하여 특정한 무기 화합물에 의해서 반사되는 특정 파장의 자외선이 해충의 억제에 효과가 있는 것으로 알려졌고, 이러한 무기 화합물을 이용하여 우수한 해충제거(이하 제충으로 명명) 필름을 제조하는 방법이 알려졌다. 제충 필름은 제충 효과만을 단독으로 이용하는 경우는 드물고, 대부분의 경우는 제충 효과를 갖는 필름의 뒷면에 제초 효과를 갖는 흑색 멀칭 필름을 붙여서 2-layer 필름으로 사용하는 것이 일반적이다. 제충·제초 필름은 주로 80년대에 들어와서 일본의 회사들을 중심으로 개발되었고, 대표적인 회사로는 Sumitomo Chemical Industry, Mikado Chemical Industry, Nissan Chemical Industry, Nippon Liquid Crystal Company 등이 있고 국내에서는 일신화학에서 외국 회사로부터 기술을 들여와서 KO 멀칭 필름이라는 상표로 일부 생산을 하고 있는 실정이다. 그러나 아직까지 국내에서는 이러한 제충·제초 필름의 가격이 일반 멀칭 필름에 비해 2배 이상 가격이 비싼 관계로 인하여 사용량이 미비하고, 상기 필름에 대한 제충·제초 효과 또한 공인되고 있지 않는 실정이다.

따라서 본 연구 과제에서는 현행 시판 중인 제충·제초 멀칭 필름에 비하여 동등 또는 그 이상의 제충·제초 효과를 가지면서 가격이 일반 멀칭 필름의 1.5배 이하로 되는 낮은 가격의 원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름을 개발하고자 한다.

## 나. 경제·산업적 측면

국내에서 농업용 필름 제조에 사용되는 수지(원료)로는 폴리에틸렌(PE)과 같은 올레핀계 원료와 PVC가 사용되고 있으나 폴리에틸렌이 주종을 이루고 있다. 필름 용도별로 보면 보온 못자리용, 원예 작물용, 비닐하우스용, 멀칭용, 열대 작물용 등의 농업용과 육모용, 건조실용의 연초 경작용, 뽕밭 피복에 사용되는 뽕밭용 등으로 구분된다. 농업용 필름은 그 사용할 때가 일정한, 일종의 계절 상품이기 때문에 각 사용 농가별 농작물 재배시기에 맞춘 적기 생산과 공급이 무엇보다도 중요하며, 수용 기관(단위 농협, 농협 중앙회)과 플라스틱 협동조합, 원료 생산 업체 사이에 소요원료의 생산, 확보, 공급으로부터 양질의 제품의 납품에 이르기까지 line의 안정과 원활성이 강조되어 왔다. 한편 농업용 필름업계는 제품의 제조 공정이 단순하고 적은 자본과 낮은 기술수준에서도 공장 설립이 가능하기 때문에 타 업종에 비해 업체가 난립되어 있으며, 이들 대부분이 영세성을 면치 못하고 있는 상태이다.

농업용 필름은 크게 세 가지 유형의 유통 경로를 밟는다. 농민은 각 지역의 단위 농협에 수요량을 신청하고 단위 농협은 농민들이 신청한 필름의 수요량을 집계하여 농협 중앙회에 발주한다. 전국 1천 5백개의 단협으로부터 발주를 받은 농협 중앙회는 이 총 수요량을 한국플라스틱공업협동조합을 통해 제조를 의뢰한다. 한국플라스틱공업협동조합이 이를 각 회원사에게 원료와 함께 분배한 후 납품기일에 맞춰 제품을 회수, 다시 농협중앙회에 납품하면 농협 중앙회는 이를 단위 농협에 출고하고 단협을 통해서 농민에게로 공급된다. 이른바 「관수요(이하 관수)」라고 하는 이 방법은 보온 못자리용, 멀칭용, 원예용 필름이 주종이다.

폴리에틸렌 필름 중 농협 중앙회와의 계약에 의해 납품되고 있는 농협용 폴리에틸렌 필름은 그 발주(신청)지역이 전국 약 1천 5백개 단협(및 원협)에 이르고 있으며, 이들 지역에 대한 납품 실적을 시·도별로 구분하면 표 1과 같다.

표 1. 시·도별 발주(납품) 현황

(단위: ton)

지역 품명	서울	인천	광주	대구	부산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	계
LDPE	10	64	138	23	14	2245	1135	708	2295	2081	3380	2693	2141	29	17,656
HDPE	-	2	-	-	-	228	408	1031	413	99	101	1990	57	5	4,334
유공필름	-	-	4	2	-	208	55	59	171	114	151	106	103	49	1,022
계	10	66	142	25	14	2681	1598	1798	3579	2294	3632	4789	2301	83	23,012
비율 (%)	0.04	0.3	0.6	0.1	0.66	11.6	7.8	7.8	15.6	10.0	15.8	20.8	10.0	0.4	100.0

이 통계에 의하면 우리 나라 곡창지대인 전남지역과 산간지역에 속하나 지역이 넓고 필름 멀칭에 의한 농작물 재배가 많은 경북지역의 발주량이 전체 발주량의 3분의 1 이상을 차지하며, 서울, 부산 등 도시지역은 발주량이 극히 미비함을 알 수 있다.

한편 국내 폴리에틸렌 필름의 총 생산 능력은 연간 16만톤 정도인데 이 중 농업용 필름이 10만톤, 공업용 필름이 5~6만톤을 차지한다고 한다. 그러나 한양화학, 대한유화, 호남석유화학 등 원료 메이커의 연간 생산 능력과 비교, 추정해 볼 때 폴리에틸렌 필름의 총 생산량은 20만톤을 훨씬 상회할 것이라는 견해가 압도적이다. 왜냐하면, '90년대말 현재 국내 저밀도 폴리에틸렌 총 생산능력은 한양화학이 22만 3천톤, 럭키가 12만톤으로 34만 3천톤(연간), 고밀도 폴리에틸렌의 연간 생산 능력은 대한유화의 27만톤, 호남석유화학의 18만톤, 대림산업 15만톤, 한양화학 11만 3천톤, 유공 4만톤을 합하면 75만 3천톤이 되는데 이것을 모두 합하면 1백만톤이 넘는 데다 선형 저밀도 폴리에틸렌 16만톤과 EVA 3만 1천톤을 포함하면 무려 120만톤을 훨씬 초과 그 생산 능력이 커지고 이에 따라 폴리에틸렌 필름의 생산량도 상대적으로 증가하리라 보기 때문이다. 그러나 국내 농업용 필름의 수요는 어느 정도 한계에 달해 있어 포장용 및 기타 공업용으로의 수요가 늘지 않는 한 국내 폴리에틸렌 원료는 엄청난 공급 과잉 현상이 일어날 전망이다.

농업용 필름 제조업체들이 당면하고 있는 문제점은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫째는 수요·공급의 지역별 불균형이며, 둘째는 기업규모의 영세성, 셋째는 노동인



력의 절대부족이다. 즉, 앞서 제시한 표 1에서 나타나듯이 발주량은 주로 지방의 농촌지역이나, 생산업체는 주로 대도시나 그 주변에 편중되어 있다. 이는 농협 중앙회의 일부 단위농협 직판분을 제외한 시장 판매분이 현재의 유통 실정상 대개 대도시에서 거래되는 관계로, 공장입지 선정을 도시나 인근지역으로 선호하는데 기인하며 지방 경제의 낙후 및 입지 조성의 여건이 제대로 이루어지지 못하고 있는 것도 한 이유로 볼 수 있다.

농업용 필름은 농촌의 현대화 및 농업용 자재의 수요확대에 비례하여 소요량이 꾸준히 증대되어 왔으며 앞으로도 국내 내수시장의 안정과 중국 등 해외로의 수출확대로 계속 늘어날 전망이다. 이를 품목별로 보면, 원예작물용(EVA 필름, 저밀도 폴리에틸렌 필름, PVC 필름)은 생활 수준 향상에 따른 고소득 작물의 과수요 추세로 수요가 급속히 증대되고 있으며, 묘판용 즉 보온 못 자리용(저밀도 폴리에틸렌 필름, 선형저밀도 폴리에틸렌 필름)은 설치 면적의 한정성으로 수요가 일정하겠으나 초박성향으로 인하여 감소될 것으로 예상된다. 다만 최근 중국에 대한 수출이 활발히 촉진되고 있기 때문에 전체적인 생산량은 증가될 것으로 전망된다. 비닐하우스용(주로 저밀도 폴리에틸렌, 열대작물용으로는 EVA 필름)의 경우 농산물 재배 방법의 과학화와 비계절성 재배·출하의 확대 등에 따라 수요량은 증가 추세이며, 특수 필름, PVA 필름 등 새로운 제품 개발 및 판매로 기존의 저밀도 폴리에틸렌 필름의 수요량은 줄어들 것으로 보인다. 연초 경작용(저밀도 폴리에틸렌 필름, 고밀도 폴리에틸렌 필름)은 최근 국내 담배 시장의 개방에 따른 경작지역의 축소로 인하여 수요가 격감되고 있으며, 더구나 양담배의 국내시장 점유율이 점차 높아지고 있어 수요량 감소 추세도 상당 기간 지속될 것으로 예측된다. 뽕밭 피복용, 멀칭용(고밀도 폴리에틸렌) 필름 역시 재배 농가와 설치면적의 한정성으로 적지만 수요량의 감소가 예상되며, 담배 및 땅콩 멀칭용 등도 재배지역이 일부 대단위 경작 지역을 제외하고는 대개가 산간지역이나 해안 경사지역 등으로써 그다지 많은 수요를 요하지 않는 품목이다. 따라서 이러한 경제 산업적 측면을 고려해볼 때 현재 과잉 생산 및 수요 정체에 직면하고 있는 농업용 멀칭 시장의 수요 증대를 위해서는 해충 감소 및 농약 사용량 감소로 인한 수확 증대 및 환경 오염 절감 효과가 있는 원예용 제초·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름의 개발이 꼭 필요하다고 사료된다.

표 2. 농업용 필름 원료 생산 규모

(단위: ton)

계 품 명	회 사 명	공 장 입 지	시 설 능 력			
			기 존	건 설 중	계획 검토	계
LDPE	한양화학	울산	69,000			69,000
		여천	154,000			154,000
		소계	223,000			223,000
	럭키 현대석유화학 삼성종합화학	여천	120,000			120,000
		대산		100,000		100,000
		"		92,000		92,000
소계		343,000	192,000		535,000	
L-LDPE	한양화학	여천	80,000			80,000
	유공	울산	80,000			80,000
	현대석유화학	대산		60,000		60,000
	삼성종합화학	"		80,000		60,000
	소계		160,000	140,000		300,000
(LD+L-LD)	합계		503,000	332,000		835,000
EVA	한양화학	여천	31,000			31,000
HDPE	대한유화	울산	270,000			270,000
	호남석유화학	여천	180,000			180,000
	대림산업	"	150,000			150,000
	한양화학	"	113,000			113,000
	유공	울산	40,000			40,000
	현대석유화학	대산		100,000		100,000
	삼성종합화학	"		120,000		120,000
	럭키	여천		120,000		120,000
	소계		753,000	340,000		1,093,000
PVC	한양화학	울산	250,000	20,000		270,000
		여천	70,000	70,000		140,000
		소계	320,000	90,000		410,000
	럭키	여천	290,000	70,000	50,000	410,000
	합계		610,000	160,000	50,000	820,000

#### 다. 사회·문화적 측면

농촌 경제 구조가 갈수록 고도화, 전문화가 되어감에 따라 그린하우스를 이용한 특수 작물의 종류도 다양해지면서 고부가가치를 추구하고 있다. 이러한 농촌 경제의 발전과 더불어 농작물 재배 기술도 발전을 거듭, 농업용 필름도 이제는 작물별 특성에 맞는 기능성제품을 필요로 하는 시대가 되었다. 특히 최근에는 전문적으로 농업을 연구한 사람들의 귀농으로 인해 지역 특성을 살린 특화작물이나 새로운 영농법이 등장, 농촌 경제에 활력을 불어넣고 있다. 이로써 농작물 재배에 이용되는 농작물 재배기술의 발전과 더불어 농업용 필름도 기능을 살린 제품이 등장하기 시작하였다. 국내에서 사용되는 농업용 필름의 용도는 비닐하우스용인 광폭 필름이 가장 많으며 이외는 보온 못자리용, 멀칭용 등의 소폭 필름이 있다.

국내 농업용필름은 일신화학공업(주), (주)삼동산업, 태광수지공업(주), 광주원예조합 등 40여개사를 중심으로 생산되는데, 다른 제품들과 함께 병행 생산하는 소규모 업체까지 고려한다면 수천개는 넘을 것으로 추정되며, 시장 규모는 약 2천 억 원대에 이를 것으로 보인다. 생산량은 시장 점유율이 가장 높은 일신화학공업(주)가 약 2만 5천톤을 생산하고 있으며, (주)삼동산업이 1만 7천톤, 태광수지공업(주)이 1만 2천 톤을 생산하고 있다. 농업용 필름 수지는 '97년도 기준으로 저밀도 폴리에틸렌이 8만톤, 선형저밀도 폴리에틸렌이 1만 2천톤, EVA가 1만 4천톤 정도의 수요량을 보이고 있다. 농업용 필름은 농촌의 현대화 및 농업용 자재의 수요확대에 비례하여 수요량이 꾸준히 증대되어 왔다. 그러나 최근의 경제 불황으로 농업용 필름 시장도 자금 사정이 원활하지 않고, 원료가 상승으로 인하여 원료 수급 사정도 좋지 않은 상태이다. 현재 설비 과잉상태인 농업용 필름은 제조 공정이 단순하고 적은 자본과 낮은 기술 수준에서도 공장 설립이 가능해 다른 제조 업체에 비해 업체수가 난립화되어 있는 실정이며, 몇몇 기업을 제외한 이들 대부분의 업체는 영세성을 면치 못하고 있는 실정이다. 따라서 현재의 저기술에 의한 단순 제품만을 주로 생산하고 있는 상황을 감안하면, 이들 중소기업에게 부가가치가 높으면서도 제품개발을 통한 기술 축적이 가능한 제충·제초 멀칭 필름 제조 기술의 전수가 필요하다고 사료된다.

## 2. 국내·외 관련기술의 현황

광폭 필름 수지는 '94년도 기준 저밀도 폴리에틸렌이 7만 1천톤, EVA 5천톤, 선형저밀도 폴리에틸렌 3천톤 정도의 수요량을 보였으며, 기업별 시장 점유율은 93년도 기준으로 한양화학이 46.8%로 3만 4천 2백 93톤을 판매한 것으로 나타났다. 그리고 삼성종합화학(1만 5천 2백 93톤), 럭키(1만 3천 4백 91톤), 현대석유화학(8천 8백 33톤), 대림산업(1천 5백 61톤) 등의 순으로 판매량을 보였다. 광폭 필름 생산 수요는 전체 시장 8만톤중 일신화학이 1만 9천톤을 생산해 전체 시장의 23%를 나타내었다. 그리고 삼동화학은 7천톤의 생산능력을 보이고 있으며, 태광수지공업(충북), 홍일산업(부산), 동양수지공업(시흥) 등의 농업용 필름 수지 사용량이 5천톤 전후인 것으로 추측된다.

광폭과 소폭 총 24대의 기계를 보유하고 있는 일신화학의 농업용 필름 가격은 200만원대에서 거래되고있다. 일신화학은 국내최초로 장수, 보온, 3중 필름 등 농업용 특수 필름을 개발해 왔으며, 최근 2년동안 4억원의 연구 개발비를 들여 4년이상 사용해도 물방울이 생기지 않는 비닐하우스용 폴리에틸렌 필름을 개발하고 판매에 들어갔다. 이 회사는 정부의 농가지원이 단동식 비닐하우스보다 연동식 비닐하우스 재배를 권장하는 방향으로 이뤄지고 있어 신제품 수요가 급증 95년에 약 50억원의 추가 매출을 올린 것으로 알려져있다. 한편 광폭 7라인, 중소폭 6라인의 기계 보유 대수를 확보하고 있는 태광수지공업은 보온성, 투명성, 무적성이 뛰어난 삼층 필름, EVA 필름, 수명을 연장시킨 특수 필름, 종래 필름의 안개 발생을 억제하는 방무 필름, 투명 멀칭과 흑색 멀칭의 장점만을 가진 고기능성 썬그린 멀칭 필름 등을 생산해오고 있다.

표 3. 폴리올레핀 필름 생산·출하·재고 상황 (년도별)

(단위: ton)

종류	구분	항 목	1988년	1989년	1990년	1991년	1992년	1993년	1994년 1월~6월
LDPE·F	생산	일반포장용	456,642	488,113	513,947	515,925	506,008	505,992	248,802
		농업용	47,025	50,510	49,263	49,449	46,789	46,286	22,228
		계	503,667	538,623	563,210	565,374	552,797	552,278	271,030
	출하	일반포장용	454,153	487,673	515,215	515,897	505,814	504,963	264,102
		농업용	46,630	48,427	53,802	46,537	46,970	46,062	26,708
		계	500,783	536,100	569,017	562,434	552,784	551,025	272,810
	재고	일반포장용	22,594	23,034	21,766	21,794	21,988	23,017	25,470
		농업용	7,989	10,072	5,533	8,445	8,264	8,488	4,118
		계	30,583	33,106	27,299	30,239	30,252	31,505	29,588
HDPE·F	생산	일반용	36,757	33,038	36,999	35,539	39,327	44,517	23,039
		극박강화용	202,735	213,391	217,254	220,335	212,318	214,732	103,651
		계	239,492	264,429	254,253	255,874	251,645	259,249	126,690
	출하	일반용	36,360	33,447	36,858	35,665	39,692	44,025	23,043
		극박강화용	202,729	213,706	217,371	218,392	212,862	213,972	101,280
		계	239,089	274,153	254,227	254,057	252,554	257,997	124,323
	재고	일반포장용	2,626	2,217	2,358	2,232	1,867	2,539	2,382
		농업용	11,321	10,997	10,880	12,823	12,279	13,039	1,774
		계	13,938	13,214	13,238	15,055	14,146	15,398	17,156
IPP·F	생산	-	44,080	44,767	46,757	45,128	45,439	45,486	23,325
	출하	-	43,484	44,629	46,841	45,376	45,620	45,625	23,086
	재고	-	2,870	3,008	2,924	2,676	2,495	2,356	2,478
합계	생산	-	787,239	829,819	864,220	866,376	849,881	857,013	421,045
	출하	-	783,356	827,882	870,087	861,867	850,958	854,647	420,218
	재고	-	47,391	49,328	43,461	47,970	46,893	49,259	49,222

비고 1. LDPE·F는 저밀도 폴리에틸렌 필름을, HDPE·F는 고밀도 폴리에틸렌 필름을, IPP·F는 인플리네이션 성형법 폴리프로필렌을 말한다.

2. 이상은 역년 합계이다.

3. 각년의 재고는 12월말 숫자이다. 단 1994년 1~6월의 재고는 동년 6월 말의 숫자이다.

한편 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름에 대한 관련기술로는 국내에서는 일신화학이 UV 반사 충전제와의 혼합기술을 이용하여 KO 멀칭 필름이라는 상표로 판매하고 있으나, 이는 일본의 Mikado 사에서 모든 기술을 들여와서 단순 임가공 만을 하고 있는 상태로 알려져 있고, 가격 또한 일반 멀칭 필름의 가격이 300명 기준으로 12,000원 정도인데 비해서 2배 이상 비싸게 판매하기 때문에 국내에서는 보급이 미미한 실정이다. 또한 이들 필름의 UV 반사율( $R_A/R_B$ )은 특허에 나와있는 제충 효과를 갖기위한 최소 값인 1.4 보다도 현격히 낮아서(1.12 정도) 제충 효과가 상당히 의문시 되고 있는 실정이다. 제충·제초 멀칭 필름에 대한 관련 기술로는 일본의 Sumitomo, Mikado 사 등에서 주로 연구 및 특허를 출원하였는데 이들의 기술 및 특징은 아래 표 4와 같다.

표 4. 국내·외의 제충·제초 멀칭 필름 연구 동향

구분	회사명	보유기술	특허	장·단점(특징)
국내	일신화학	UV 반사 충전제와의 혼합	의장 출원	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가격이 비쌈</li> <li>· 소비량이 적음</li> <li>· 제충 효과가 의문시 됨</li> </ul>
국외 (일본)	Sumitomo Chemical Ind. Mikado Chemical Ind.	UV 반사 충전제와의 혼합	일본, 미국 특허 획득	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제조원가 상승요인 적음</li> <li>· 첨가한 충전제가 필름의 내마모성을 증가시키며 지온 조절이 가능하고 가시광선 투과율이 높음</li> </ul>
	Shigeru Shibata	알루미늄이나 은 등의 증착방법	"	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제충효과가 뛰어나</li> <li>· 제조원가가 매우 높음</li> <li>· 가시광선 투과율이 매우 낮음</li> </ul>
	Nissan Chemical Ind. Nippon Liquid Crystal	농약처리 방법	"	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가시광선 투과율 감소</li> <li>· 타제품에 대한 응용화 제한</li> </ul>

### 3. 앞으로의 전망

현재까지의 멀칭 필름 시장은 전형적인 가격 경쟁 시장으로서 국내 농업용 필름은 공급 과잉을 보이고 있으나, 당분간은 성장세를 보일 것으로 전망된다. 또한 제조공정이 단순하고 적은 자본과 낮은 기술 수준에서도 공장설립이 가능해 타 제조업체에 비해 업체수가 난립화되어 있는 실정이며, 몇몇 기업체를 제외한 이들 대부분의 업체는 영세성을 면치 못하고 있는 실정이다. 따라서 이러한 업체의 기술 낙후성 및 영세성을 극복하기 위해서는 정부의 보다 적극적인 중소기업 육성이 필요하고 따라서 본 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름과 같은 기능성 농업용 필름의 개발을 통한 고부가가치, 기술집약성 필름 생산 체제로의 개편이 필요하다. 만일 이러한 고부가가치 제품 생산체제로의 체질 개선이 되지 않으면 중국 및 동남 아시아에서의 저가격 농업용 필름 수입에 따른 대다수 업체의 도산이 우려된다. 한편 농업인의 입장에서 현재 비싼 가격으로 인하여 보급이 지연되고 있지만, 본 연구과제가 성공적으로 수행시 가격 저하에 따른 제충·제초 멀칭 필름의 소비 증대와 함께 농약 사용 감소로 인한 생산비 감소 및 환경 오염의 감소가 예상되고 따라서 생산자·소비자 모두가 큰 혜택을 볼 수 있다고 전망된다.

## 제 2 절 연구개발의 목표 및 내용

### 1. 연구개발의 목표와 내용

본 연구개발의 목표는 여름철에 토마토, 고추 등과 같은 작물재배시 지면을 덮음으로서 여러 가지 작물에 유해한 해충의 유입을 막을 수 있고, 지표면의 지온상승 감소를 가져오고 잡초의 성장을 억제할 수 있는 원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름을 개발하는 것이다. 멀칭 필름의 제충 효과 목표를 달성하기 위해서는 두 개의 층(layer)으로 구성되는 멀칭 필름의 경우 반사 필름 층은 자외선 영역인 파장 400 nm 이하에서 반사 피크( $R_A$ )를 가져야 하며, 가시광선 영역인 파장 500nm에서의 가시광선 반사피크( $R_B$ )와의 비(ratio)인  $R_A/R_B$ 가 1.4 이상이 되어야 한다. 또한 잡초의 성장을 제거하는 제초 효과를 갖기 위해서는 흑색 필름 층이 있어야 하는데 이는 반사 필름 층과 2-layer를 형성하면 된다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 다음과 같은 연차별 연구개발 목표를 갖고 연구를 수행하고자 한다.

### 2. 연차별 연구개발 목표와 내용

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (1998)	<ul style="list-style-type: none"> <li>PE 및 carbon black을 이용한 compounding</li> <li>필름 소재의 구조 및 열분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carbon black의 종류와 M/B 제조 방법 실험</li> <li>DSC(시차 열분석기)를 이용한 PE 수지의 <math>T_g</math>, <math>T_m</math> 측정</li> <li>PE 수지의 M. I. 및 밀도 측정, 가공성 분석</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>UV 반사 additive 성능 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UV 반사 additive 선정 및 물성 조성 분석 (TGA, EDS)</li> <li>Additive type에 따른 빛 반사율 측정 (<math>R_A/R_B</math> 조사)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 제품에 대한 기계적, 형태학적 물성 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 제품의 인장, 인열, 충격 강도 조사</li> <li>기존 제품에 대한 층간 두께, 입자 크기, 분포도 조사</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>PE/UV 반사 1-layer 멀칭 필름 시생산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PE 수지와 UV 반사 additive를 이용한 1-layer 필름 시생산 및 가공조건 확립</li> <li>PE 수지와 carbon black M/B를 이용한 흑색 멀칭 필름 생산 조건 확립</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>성능평가 방법 확립 및 기존 제품과의 비교분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>작물 재배(예, 토마토, 고추 등)를 통한 제충·제초 성능 평가</li> <li>제충·제초 성능 평가 방법 확립(해충수 감소, 수확량)</li> </ul>



구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차 년도 (1999)	<ul style="list-style-type: none"> <li>PE 및 UV 반사 additive를 이용한 1-layer PE 광반사 멀칭 필름에 대한 성형기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UV 반사 additive의 종류 및 조성에 따른 필름 가공 조건과의 상관 관계 분석</li> <li>상기 연구 결과에 따른 최적 필름 성형 조건 확립</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>UV 반사 additive의 종류 및 함량 변화에 따른 빛 반사율과의 상관 관계 정립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UV additive 형태(particle vs. whisker)에 따른 UV 반사 이론 정립</li> <li>UV additive 함유량에 따른 UV 반사율과의 관계 정립</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차 시제품에 대한 기계적, 형태학적 성질 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차 시제품에 대한 인장, 인열, 충격강도 조사</li> <li>Field test에 따른 물성 변화 측정 및 개선 방안 모색</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>2-layer 제충·제조 폴리에틸렌 멀칭 필름 생산 및 가공 조건 확립 (1차 시제품)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가공조건 변화(예, 용융온도, screw 회전수, take-up speed)에 따른 필름 성형성 조사</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차 시제품에 대한 field test 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차년도에서 정립한 제충·제조 성능 평가 방법에 의한 field test 결과 분석</li> <li>상기 분석에서 도출된 문제점에 대한 해결 방안 모색</li> </ul>
3차 년도 (2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2-layer 폴리에틸렌 광반사 멀칭 필름에 대한 가공 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Base resin 변화에 따른 UV 반사 additive와의 상용성 및 가공성 분석</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>UV 반사 additive의 표면 처리에 따른 폴리에틸렌 수지와 상용성 조사 및 생성 멀칭 필름의 빛반사율 조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UV 반사 additive에 사용 가능한 표면 처리제 선정</li> <li>UV 반사 additive에 대한 표면 처리 기술 개발</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차 시제품에 대한 기계적, 형태학적 성질 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차 시제품에 대한 인장, 인열, 충격강도 조사</li> <li>Field test에 따른 물성 변화 측정 및 개선 방안 모색</li> <li>표면 처리에 따른 멀칭 필름 물성 향상 분석</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>2-layer 제충·제조 폴리에틸렌 멀칭 필름 생산 및 가공 조건 확립 (2차 시제품)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차 시제품에서 제기된 문제점을 개선한 공정 조건 확립</li> <li>표면 처리에 따른 신 가공조건 모색</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차 시제품에 대한 field test 실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2차년도에서의 field test시의 문제점을 개선한 필름에 대한 성능 평가 - 이를 이용한 최적 조성 및 성분을 갖는 제충·제조 폴리에틸렌 멀칭 필름 제조 조건 확립</li> </ul>

### 제 3 절 추진전략 및 방법

본 연구과제는 5개의 세부과제로 구성하였으며, 각 세부과제는 해당 실험실의 특성에 맞추어 상호 유기적으로 구성하였는데, 크게 제충·제조 폴리에틸렌 멀칭 필름에 대한 분석부분과 제조 및 성능평가부분의 2부분으로 나눌 수 있다. 연구진 구성과 각 담당연구분야를 보면, 먼저 고분자 필름에 대해서 다년간 연구 경험이 있는 박종신 교수가 멀칭 필름의 소재 특성과 성형성 전반에 대한 연구를 담당하고, 건국대의 조재환 교수는 UV반사 첨가제에 대한 전반적인 분석, 선정, 후처리 기술에 대해서 연구를 하고, 수원대의 전병철 교수는 상기 멀칭 필름에 대한 기계적, 형태학적 특성을 연구한다. 한편 본 연구과제에 참여하는 중소기업인 대안화학공업사에서는 15년간의 필름 생산 경력을 가지고 있는 윤윤식 사장을 중심으로 폴리에틸렌 멀칭 필름의 시생산 및 가공조건 확립에 대한 연구를 주관할 것이고, 끝으로 본 연구과제의 개발 품목인 제충·제조 폴리에틸렌 멀칭 필름의 field test 및 성능 평가는 경기도 농촌진흥원 식물환경과에서 전담할 계획이다.

#### 1. 분석 부분

분석 부분은 크게 다음의 세 부분으로 나뉘며 각 부분별 추진 전략 및 목표는 다음과 같다.

##### 가. 멀칭 필름의 소재 특성과 성형성 연구

우선 1차년도에서는 기존 제충·제조 멀칭 필름의 구성 소재에 대한 성분 분석을 시행한다. 시차 열분석기(DSC)를 통한 base resin의 용융온도( $T_m$ ), 유리전이온도( $T_g$ ) 등을 조사하고, 이에 따른 수지 선정에 필요한 기본 data base를 구축한다. 또한 밀도 및 M. I. 측정을 통해서 수지의 성형 가공성 등을 평가하고 이를 바탕으로 제 4 세부과제인 대안화학공업사의 윤윤식 사장에게 멀칭용 적정 수지에 대한 선정을 통보한다. 2차년도에서는 폴리에틸렌과 UV 반사 additive를 이용하여서 제조된 1-layer 폴리에틸렌 멀칭 필름에 대한 유변학적 성질 조사를 통해서 additive의 폴

리에틸렌 수지내의 최적 분산조건을 정립하고, 이 결과를 제 2 세부과제 책임자인 건국대 조재환 교수와 제 3 세부과제 책임자인 수원대의 전병철 교수에게 통보하여 이들의 연구 결과와 유기적인 협조 체제를 구성한다. 제 3차년도에서는 2-layer 폴리에틸렌 멀칭 필름에 대한 성형성 조사결과를 통해서 제 2, 3 세부과제 책임자와의 유기적인 협조관계를 구축하면서 최적 필름 성형성 조건에 대한 연구를 진행한다.

#### 나. 첨가제의 종류에 따른 멀칭 필름의 광반사 특성 연구

본 세부과제에서는 기존의 광반사 additive에 대한 물성 및 조성 분석을 TGA, EDS 등의 기기를 이용하여 측정하고, 2차년도에는 UV 반사 additive의 종류 및 함량 변화에 따른 폴리에틸렌 필름에 대한 빛 반사율을 측정한다. 특히 이 단계에서 파장 400nm에서의 빛 반사율( $R_A$ )과 파장 500nm에서의 빛 반사율( $R_B$ )의 비율인  $R_A/R_B$  값이 1.4 이상이 되는 UV 반사 additive의 선정을 진행하고, 이 결과를 제 4 세부과제 책임자인 대한화학공업사의 윤윤식 사장과 제 1 세부과제의 박종신 교수에게 통보하여 이들의 연구와 유기적 협조체제를 구축한다. 3차년도에서는 UV 반사 additive에 대한 표면 처리 기술을 이용하여 폴리에틸렌 수지와와의 상용성을 측정한다. 이에 따른 빛 반사율을 조사하여 멀칭 필름의 빛 반사율에 대한 제반 특성연구를 진행한다.

#### 다. 멀칭 필름의 기계적 형태학적 특성 연구

제 3 세부과제에서는 기존 멀칭 필름에 대한 기계적, 형태학적 물성을 조사한다. 이를 통해서 최소한의 요구 물성 및 형태학적 조건에 대한 data base를 수립하는 것을 1차년도 연구 목표로 한다. 2차년도에서는 이를 토대로 제 4 세부과제에서 제작한 1차 시제품에 대한 기계적, 형태학적 물성을 분석하고 또한 제 5 세부과제에서 field test한 시편에 대한 물성 변화에 대해서 조사를 한다. 이에 대한 결과를 다시 제 4 세부과제에 feedback을 시켜서 3차년도의 2차 시제품 생산시 반영하도록 한다. 3차년도에서는 2차 시제품에 대한 기계적, 형태학적 물성 측정을 통해서 최종 멀칭 필름에 대한 기계적 물성 data base를 구축한다.

## 2. 제조 및 성능 평가 부분

본 부분은 다음과 같이 크게 두 부분으로 나뉘며 각부분별 추진 전략 및 목표는 다음과 같다.

### 가. 멀칭 필름의 시제품 생산

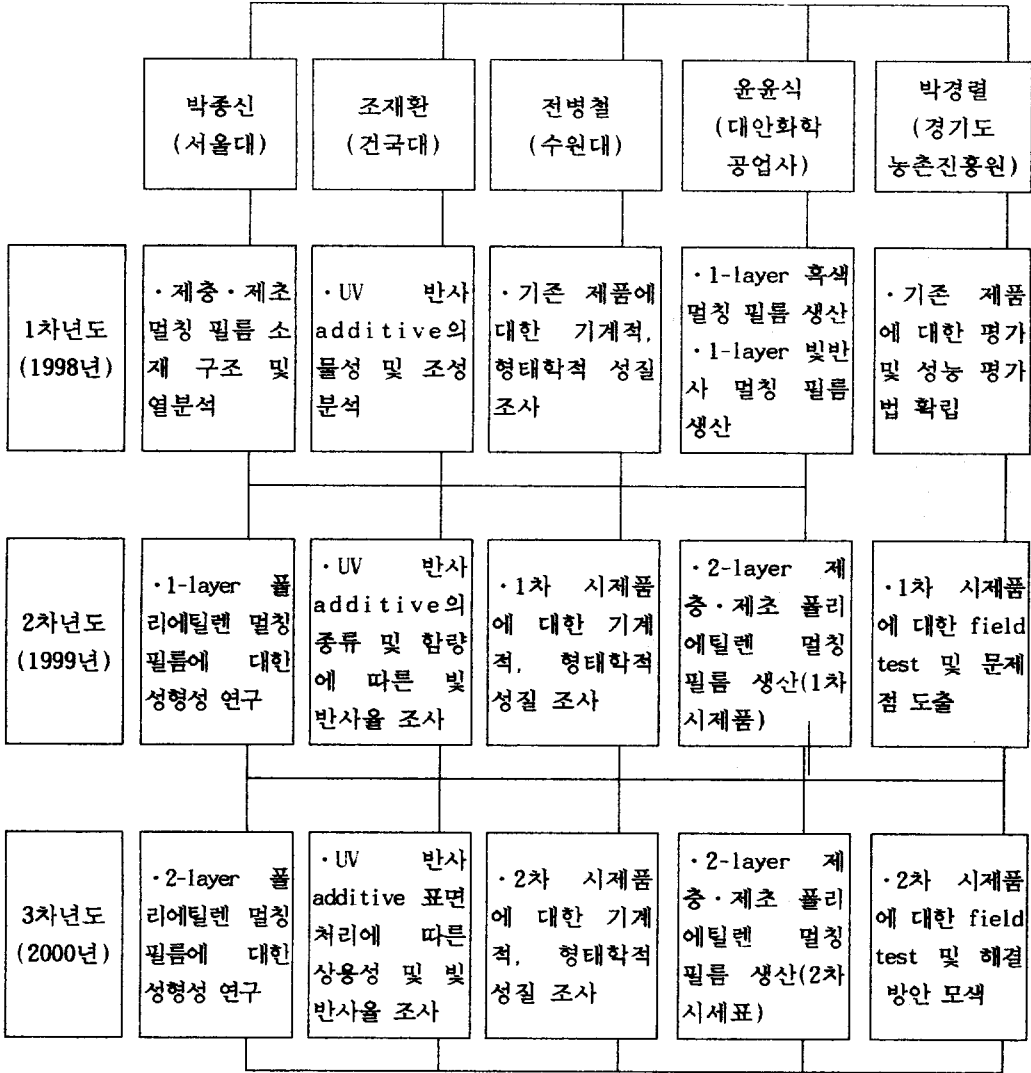
본 세부과제의 1차년도는 1-layer의 폴리에틸렌/additive 멀칭 필름과 1-layer의 흑색 멀칭 필름을 시생산하는 것을 목표로 한다. 이를 통해서 2차년도에서 필요한 2-layer 시제품에 대한 기초 제조 기술을 확립하는 것을 주 목표로 한다. 2차년도에서는 2-layer의 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름의 1차 시제품을 생산하고 이를 제 5 세부과제 책임자인 경기도 농촌진흥원에 전달한 후 field test 결과를 통보 받고 이를 감안하여 3차년도에는 개선된 성능을 갖는 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름을 생산하는 것을 목표로 한다.

### 나. 멀칭 필름 시제품의 성능평가

본 세부과제는 경기도 농촌진흥원 시험국 식물환경과가 주관해서 수행한다. 1차년도에는 기존 일반용 멀칭 필름 및 제충·제초 멀칭 필름을 이용하여 제충·제초 멀칭 필름의 사용 유무에 따른 성능을 고추의 노지재배 및 토마토의 시설재배시 평가하고, 이 결과를 2차 및 3차년도에서 수행될 시제품 평가에 기초자료로 이용한다. 2차년도에서는 1차 시제품에 대한 field test를 통해서 고추 노지재배 및 토마토 시설재배시 병충해의 유입 감소 여부, 작물의 성장 등을 정량적(1.노지고추의 경우: 진딧물 밀도 변화, 담배나방 피해율, 기타 해충발생상황, 고추생육별 지온변화, 2. 시설토마토의 경우: 온실가루이 및 기타해충 밀도변화, 토마토생육 및 품질 변화, 지온 및 대기온도변화)으로 평가한 후 문제점을 종합하여 제 1, 2, 3, 4 세부과제 책임자에게 전달하여 2차 시제품 생산에 도움이 되도록 한다. 3차년도에서는 2차년도 시제품에 대한 field test를 통해서 2차년도와의 비교 평가를 한 후 최적 성능을 갖는 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 적용법을 구축하는 것을 목표로 한다.

# 제 4 절 연구개발 추진 체계

원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 개발



· 최적 성능을 갖는 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 개발  
· UV 반사 필름 제조 기술 확립

## 제 5 절 기대효과

### 1. 기술적 측면

본 연구과제의 성공적인 수행시 다음과 같은 결과 및 효과를 기대할 수 있다.

- 가. UV 반사 additive의 빛 반사율과 해충 퇴치능에 대한 상관 관계를 정립할 수 있다.
- 나. UV 반사 additive를 빛 반사제로 뿐만 아니라 표면 개질을 통해서 폴리에틸렌 수지의 기계적 물성을 향상 시킬 수 있는 기술을 개발할 수 있다.
- 다. 기존 KO 멀칭 필름보다 두께가 얇고 가격이 저렴하면서도 제충·제초 효과가 우수한 신제품 생산 기술이 가능하여 진다.
- 라. 기존 제품에 비해서 광반사 효과( $R_A/R_B$ )가 1.4 이상인 우수한 제충 효과를 갖는 제품 생산 기술 획득이 가능하다.
- 마. 본 기술을 이용하여 다른 용도(예, 수확된 야채류 보관용 필름 및 기타 포장용 필름)에로의 응용이 기대된다.

### 2. 경제·산업적 측면

- 가. 제충·제초 기능을 갖는 멀칭 필름을 사용하게 되면 해충 감소로 인한 20% 이상 생산량의 향상으로 농가의 소득 증대가 기대된다.
- 나. 작물 재배시 농약사용을 줄일 수 있기 때문에 생산원가 절감 및 환경 오염에 의한 피해를 줄일 수 있다.
- 다. 현재 시장 규모 30,000톤 (년간 매출액 600억원)의 기존 멀칭 필름 시장의 10% 정도를 제충·제초 멀칭 필름으로 대체시 이에 따른 필름 제조 업체의 매출액 증대 및 기술력 축적이 기대 된다.
- 라. 현행 ton당 200만원의 멀칭 필름을 ton당 300만원 정도에 제충·제초 효과를 갖는 멀칭필름을 개발하게 되면 이에 따른 50% 정도의 매출액 증대가 기대된다.
- 라. 본 연구 결과 개발된 제충·제초 폴리에틸렌은 일본 제품에 비해서 가격 경쟁력 (50% 정도 저렴)이 있기 때문에 일본으로의 수출을 기대할 수 있다.

## 제 6 절 활용방안

개발된 원예용 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름은 고추, 토마토 등의 작물 재배시 직접적으로 사용될 수 있으며, 다음과 같은 활용방안이 기대된다.

1. 빛 반사 필름의 제조 기술을 이용함으로써 지금까지 화훼 재배시 사용되는 가격이 비싼 알루미늄 증착 필름을 대체 할 수 있기 때문에 생산비의 저하 및 농민 소득 증대가 가능하게 된다.
2. 제충 효과를 갖는 필름을 이용하여 수확 작물의 보관시 해충의 접근을 억제하는 포장용 필름 용도로의 활용이 가능하다.
3. 이러한 UV 반사 원리를 이용하여 섬유 및 기타 플라스틱 소재의 UV 차단 용도로의 활용이 가능하다.
4. 본 과제가 성공적으로 수행시 우선 제 5 세부과제 시행처인 경기도 농촌진흥원에서의 field test를 시작으로 하여 농협 중앙회를 통한 성능 평가 및 일선 농민들에게의 보급을 계획하고 있다.
5. 현 제조 기술의 확립시 이를 우선 본 과제의 참여 기업인 대안화학공업사에 기술 전수를 시킨 후 이 회사의 판매망을 통한 민수 시장에서의 판매 보급을 할 계획이다.
6. 또한, 제충·제초 효과를 갖는 멀칭 필름에 분해능을 갖는 복합 기능 멀칭 필름 제조시의 기반 기술로도 활용할 수 있다.

## 제 2 장 제충·제초 멀칭필름의 제조와 분석

### 제 1 절 제충·제초 멀칭필름의 제조

#### 1. 고분자 재료와 광반사제

본 실험에 사용된 폴리에틸렌 수지는 상업용 저밀도 폴리에틸렌(한화종합화학, 5321)이고, 광반사 특성을 갖는 무기화합물로는 Otsuka Chemical 사의 Tismo-D (Potassium octatitanate whisker, whisker length:10-20 $\mu$ m, diameter: 0.3-0.6 $\mu$ m)를 사용하였다.

#### 2. 실험실용 압출기를 이용한 멀칭필름 제조

실험실 규모에서의 멀칭필름의 제조가 용융압출기(ATLAS사)를 이용하여 제조하였으며(Figure 1), 이 때 용융온도는 170 $^{\circ}$ C, 압출기 온도는 200 $^{\circ}$ C로 하였다. 시료는 압출속도를 일정하게 유지하면서 권취속도가 70 cm/min인 조건에서 준비하였다.

#### 3. 공장생산용 압출기를 이용한 멀칭필름 제조

폴리에틸렌과 Tismo-D를 이용하여 20wt%의 Tismo-D 농도를 갖는 masterbatch를 제조하였다(Figure 2). 그 후 상기 masterbatch를 이용해서 폴리에틸렌 수지와 섞으면서 Tismo-D 조성 변화에 따른 필름을 제조하였다. 필름 제조시 사용한 blown 필름 압출기는 유진공업사의 압출기를 이용하였고, screw diameter는 50mm, 사용온도는 160-200 $^{\circ}$ C, screw speed는 60rpm이었다. 최종적으로 제조된 멀칭 필름 조성은 Tismo-D의 함량이 0, 3, 5, 7, 10wt%인 5 가지이었다. 또한 필름 제조와는 별도로 동일한 조성을 갖는 벌크 시편을 minimax molder를 이용하여 제조하였다. 이때 사용온도는 170 $^{\circ}$ C, screw speed는 40rpm으로 5분 동안 용융 혼련 후 물드로 사출시켜서 제조하였다. 모든 사출 시편은 이후 60 $^{\circ}$ C에서 24시간 동안 conditioning시킨 후 기계적 물성을 측정하였다.



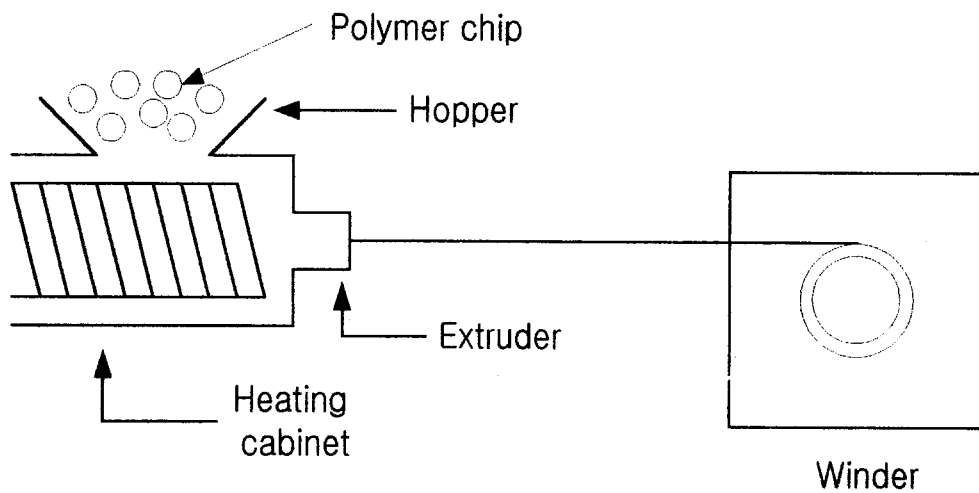


Figure 1. Schematic diagram of melt-extruder used in this study.

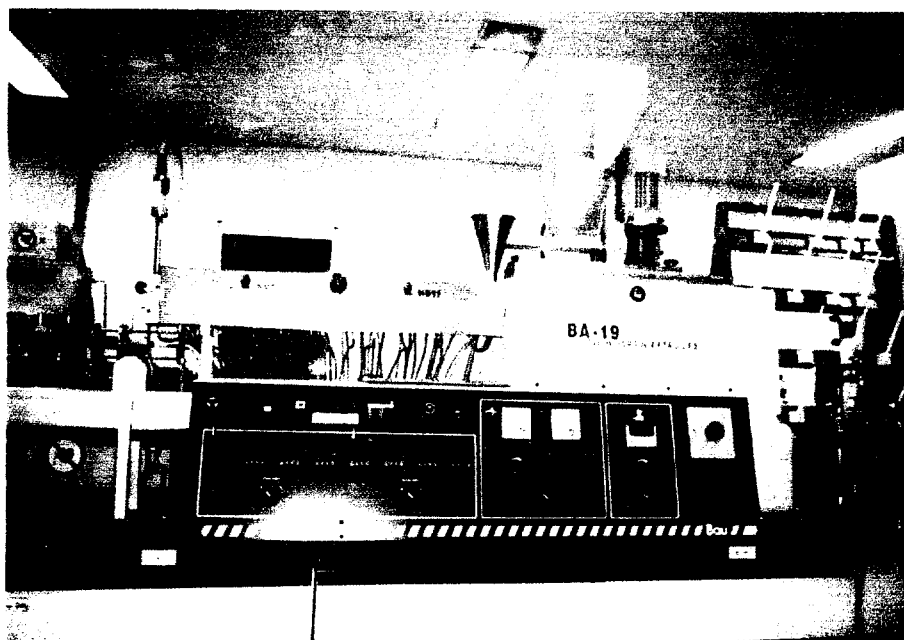


Figure 2. Twin extruder for manufacturing master batch PE chips.

#### 4. 본 연구 개발에 사용한 시료의 spec 및 분류 코드

본 연구 개발에서 제조한 멀칭필름의 spec과 분류코드는 표 5와 같으며, 또한 이들과의 비교시료로서 국내의 시판용 멀칭필름을 구입하여 사용하였는데, 이들의 spec과 분류 코드는 다음의 표 6과 같다.

표 5. 본 연구개발에서 제조한 시료들의 spec

Sample	제조원	용도	두께( $\mu\text{m}$ )	Sample code
공장 시제품 (1차 시제품) (additive 3%)	본 연구팀	제충·제초	40	A3
공장 시제품 (2차 시제품) (additive 5%)	"	"	"	A5
실험실 제조 필름 (additive 0%)	"	일반	"	B0
실험실 제조 필름 (additive 3%)	"	제충·제초	80	B3
실험실 제조 필름 (additive 5%)	"	"	"	B5
실험실 제조 필름 (additive 10%)	"	"	"	B10
실험실 제조 필름 (additive 15%)	"	"	"	B15
공장 시제품 (2차 시제품)	"	"	40	C3
공장 시제품 (2차 시제품)	"	"	"	C5
공장 시제품 (2차 시제품)	"	"	"	White
scale-up 시제품 (3차 시제품) (additive 3%)	"	"	"	S3
scale-up 시제품 (3차 시제품) (additive 5%)	"	"	"	S5

표 6. 국내의 시판용 멀칭필름의 spec

Sample	제조원	용도	두께( $\mu\text{m}$ )	Sample code
KO 멀칭필름	일신화학	제충·제초	30	KO
HDPE(투명) 멀칭필름	"	일반멀칭	15	TF
HDPE(흑색) 멀칭필름	"	"	10	BF
미라네스크 멀칭필름	Sumitomo	제충·제초	23	MI

## 제 2 절 제충·제초 멀칭필름의 특성 분석

### 1. 광반사율 측정

필름의 광반사율은 UV/VIS spectrophotometer(UVCON 942, Kotron Instrument)를 이용하여 측정하였으며, 사용된 빛의 파장은 300에서 800nm까지이다. 측정 방법은 통상의 투과된 빛을 측정하는 대신 빛 반사 악세서리를 부착한 장치를 이용하여서 제조한 멀칭 필름상의 반사되는 빛 반사율을 조사하였다.

### 2. 기계적 성질의 측정

인장강도 실험은 Lloyd Instrument사의 LR50K model을 이용하여 필름 및 벌크 시편을 ASTM D882 및 ASTM D638에 의거하여 실시하였고, 이때 gauge length는 25mm, crosshead speed(test speed)는 50mm/min로 유지하였다. 충격강도 실험은 ASTM D256에 의거하여 notched Izod 방법으로 Testing Machine Inc.(model:43-02)의 기기를 이용하여 실시하였으며 평균값의 산출시 최소 5개 이상의 시편을 이용하였다. 인열강도 실험은 ASTM D1922에 의거하여 Toyo-Seiki사의 Elmendorf tearing tester를 이용하여 실시하였다.

### 3. 열적 성질의 측정

시료의 용융 거동의 측정은 DSC(TA 2010)를 이용하여 질소가스의 주입하에서 10 °C/min의 승온속도로 -100°C~300°C 사이에서 행하였다. 점탄성 측정은 flexural type의 동적 점탄성 분석기(DMA, Du Pont)를 이용하여 2°C/min의 승온속도에서 행하였다.

#### 4. X-선회절 분석

시료의 X-선회절 측정은 Rigaku사의 X-선회절장치(모델 Rint 2100 series)를 이용하여  $2\theta=0.5^\circ/\text{min}$ 의 scan속도에서 40kV 및 30mA의 조건에서  $\text{CuK}\alpha$  radiation으로 행하였다.

#### 5. 모폴로지 관찰

본 연구 개발에서 제조한 Tismo-D 함유 폴리에틸렌 벌크 시편을 이용하여서 Tismo-D의 폴리에틸렌 매트릭스 내에서의 분상상태를 분석하였다. 먼저 시편을 액체 질소에 넣어 냉각후 파괴시키고, 파단 표면을 JEOL사의 SEM(model:JSM-5200)을 이용하여 관찰하였다. 또한 충격 파단면에 대한 모폴로지 분석을 수행하였고, 이를 이용하여 기계적 물성과의 관계를 분석하였다.

### 제 3 절 멀칭필름의 제충·제초 성능 평가방법

본 연구 개발에서의 멀칭필름에 대한 field test 준비과정 및 제충·제초 효과의 측정은 다음과 같은 방법에 의하여 진행하였다. 즉, field test에 앞서 작물(오이, 고추 등)에 대한 제충·제초 효과 시험내용, 방법 및 성능평가방법은 다음과 같다.

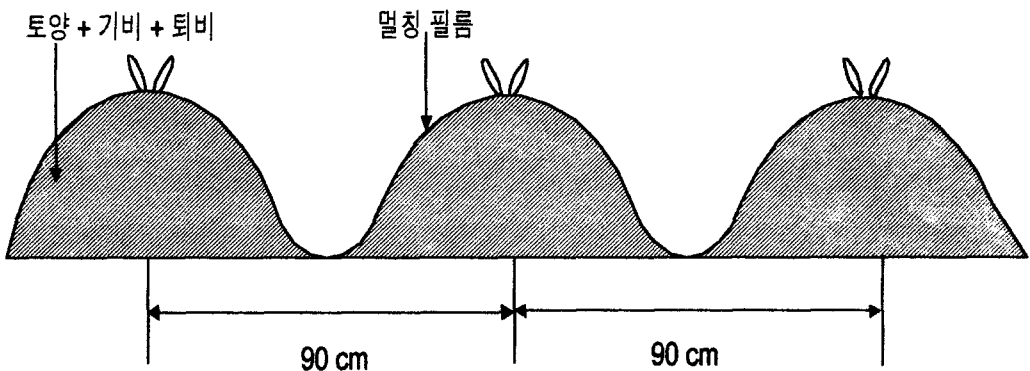
#### 1. 멀칭필름 처리 방법

가. 육묘고추 포장 정식시 고추재배용 일반 배색필름을 멀칭하는 방법과 같이 정식 두둑을 만든 후 시제품 및 대조필름을 토양에 피복한 후 구덩이를 파고 묘를 정식하여 재배한다.

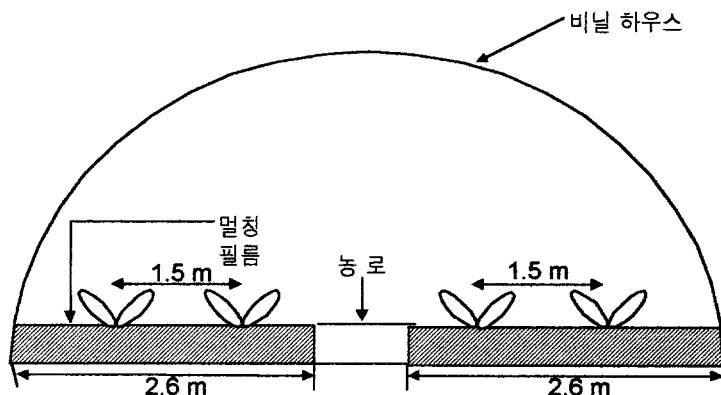
나. 제초제와 살충제는 무살포로 한다.

#### 2. 멀칭필름 피복방법

가. 고추 : 포장 전체에 기비 및 퇴비를 골고루 처리하고 이랑너비 90cm의 휴고를 작성후 각 구별로 시험구 배치도에 따라 각 멀칭 필름을 토양에 밀착 피복한다.



나. 오이 : 2줄로 2.6m의 광폭으로 포장정리하고 기비와 퇴비를 골고루 처리후 점적호스를 깔고, 시험구 배치도에 따라 각 멀칭 필름을 토양에 밀착 피복한다.



### 3. 작물재배법

가. 고추: 노지재배 (10a당kg 시비량: N=19, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=11.2, K<sub>2</sub>O=14.9)

나. 오이: 비닐하우스재배 (10a당kg 시비량: N=19.7, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=10.3, K<sub>2</sub>O=12.2)

다. 기타: 표준재배법

### 4. 작물정식방법

가. 90cm(휴폭), 주간 40cm간격, 1열로 구덩이를 파고 충분히 관수후 옥묘된 묘를 정식한다. (구당 8줄)

나. 150×35cm간격, 2열로 구덩이를 파고 관수후 옥묘된 묘를 정식한다. (구당 38주)

### 5. 재배관리

가. 추비, 지주대 설치등 모든 일반재배 관리는 표준 재배법에 따라 재배 관리한다.

나. 제초제 및 살충제 살포는 하지 않으며, 살균제는 살포한다.

6. 시험구 배치 및 면적

가. 고추 : 1구당 150㎡ 단구제 3반복 조사

나. 오이 : 1구당 30㎡ 단구제 3반복 조사

7. field test 조사항목

가. 경시적 진딧물 밀도 : 고추

나. 경시적 온실 가루이 밀도 : 오이

다. 작물 생육상황

라. 잡초 발생상황

마. 토양 온도변화

8. 해충밀도 조사

가. 5월 15일부터 15일간격 진딧물 밀도조사 4회 조사

1) 각 구별로 3개 지점, 지점당 5주 선정, 주당 4엽에 대한 진딧물 밀도를 조사한다. (20엽×3반복)

2) 진딧물 종류 및 총해는 구분하지 않는다.

9. 잡초 발생량 조사

가. 각 구별로 3개 지점을 선정하여 1㎡내외 발생 잡초량을 조사한다. (생중 및 건물중)

10. 지온 조사

가. 각 구별로 3개 지점에 지중 온도계(지중 5cm)를 설치하고 5일 간격으로 매 10:00시에 온도를 측정한다.

11. 생육조사

가. 정식 30일과 정식 60일에 1구당 3지점 10주에 대한 초장 및 경경 등을 조사한다.



12. 온실가루 밀도 조사

가. 발생 초기에 각 구별로 끈끈이 트랩을 1구당 3지점, 작물 수관 높이에 설치하여 5일 간격 또는 다발생시는 2일 간격으로 유살량을 조사한다.

13. 진딧물 밀도조사

가. 발생 초기부터 1구당 5주, 1주당 4엽에 발생된 발생밀도를 10일 간격 3~5회 조사한다.

14. 작물생육 조사

가. 정식 15일과 정식30일에 1구당 3지점, 5주에 대한 초고 및 엽수 조사

15. 기타

가. 고추 및 오이시험 모두 해충 발생 상황을 관찰하여 발생밀도가 적거나 효과 검토에 미흡하다고 판단될 경우 현지 농가포장을 정하여 재시험 또는 동시 시험 추진토록 한다.

## 제 3 장 멀칭 필름의 광반사 특성

### 제 1 절 서론

작물 재배시 지표면을 덮는데 사용되는 멀칭(mulching) 필름은 토양내의 습기를 유지하고, 지면의 온도 상승과 비료의 유실 방지를 위해서 주로 사용되고 있다. 그러나 이러한 멀칭 필름을 사용시 해충(harmful insects)에 의한 작물의 피해가 문제가 되고 있다. 따라서 이러한 해충에 의한 피해를 줄이기 위해서 해충 기피제, 살충제 등과 같은 농약을 사용하거나 해충을 유인하는데 효과적인 ferromone 또는 색 테이프 등을 이용하여서 해충을 잡는 방법이 이용되어 왔다. 하지만 이러한 방법들은 모두 문제점을 갖고 있다. 예를 들어 농약의 사용은 장기간 사용할 때 이에 죽지 않는 해충이 발생할 수도 있고 그리하여 더 강력한 효능을 갖는 새로운 농약의 개발이 필요하게 되어서 이로 인한 인간에 대한 독성 증가 및 맹독성의 약물이 토양 등에 잔류하게 됨에 따라 2차적인 환경오염이 우려된다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 상기에 언급한 환경오염의 문제가 없이 해충들을 제거하기 위한 다른 방법들이 제시되었다. 예를 들어 필름의 표면을 햇빛에 많이 반사되는 물질(예를 들어 알루미늄 증착 필름 등)로 커버시킨 후 지표면에 깔아서 날아오는 해충의 유입을 감소시키는 방법이 있다. 또한 비닐하우스나 터널을 근 자외선을 차단시키는 필름으로 덮어서 해충으로부터 보호하는 방법이 있고 이 중 일부는 이미 사용중이기도 하다[4-6]. 하지만 상기 방법 중에서 알루미늄 증착필름을 사용하는 방법은 높은 가격이 문제가 되고 게다가 높은 빛 반사율에도 불구하고 낮은 빛 투과율로 인해서 비닐하우스나 터널의 커버용으로서는 적합하지 않다. 또한 멀칭용으로 사용할 때에도 지표온도가 다소 상승하기 때문에 이러한 성질은 소수 특정 작물 외에는 실용적이지 못하다. 게다가 비닐하우스나 터널을 덮는 방법은 eggplant의 성장에 영향을 미치거나 꽃들의 색상에 영향을 미치기 때문에 적용시 많은 제약을 받는다. 또한 멀칭으로 사용할 때 해충 방지에는 별 효과가 없다.

이러한 관점에서 작물에 날아와서 기생하는 해충들을 제거하고 재배 작물의 보호와 이에 따른 성장을 향상시키는 방법이 연구되어 왔다. 그리하여 특정한 무기 화합물에 의해서 반사되는 특정 파장의 자외선이 해충의 억제에 효과가 있는 것으로 알려졌고, 이러한 무기 화합물을 이용하여 우수한 해충제거(이하 제충으로 명명) 필름을 제조하는 방법이 알려졌다. 제충 필름은 제충효과만을 단독으로 이용하는 경우는 드물고, 대부분의 경우는 제충효과를 갖는 필름의 뒷면에 제초 효과를 갖는 흑색 멀칭 필름을 붙여서 2-layer 필름으로 사용하는 것이 일반적이다. 이러한 제충, 제초 필름은 주로 80년대에 들어와서 일본의 회사들을 중심으로 개발되었고, 대표적인 회사로는 Sumitomo Chemical Industry, Mikado Chemical Industry, Nissan Chemical Industry, Nippon Liquid Crystal Company 등이 있다. 국내에서는 일신화학에서 외국회사로부터 기술을 들여와서 “KO 멀칭 필름”이라는 상표로 일부 생산을 하고 있는 실정이다. 이러한 제충 멀칭 필름은 이미 언급한 바와 같이 두 개의 층(layer)으로 구성되는데, 반사 필름 층은 자외선 영역인 파장 400nm 이하에서 반사 피크( $R_A$ )를 갖고, 가시광선 영역인 파장 500nm에서의 가시광선 반사 피크( $R_B$ )와의 비(ratio)인  $R_A/R_B$ 가 1.4 이상이 되어야 제충효과를 갖는다고 알려져 있다. 또한 잡초의 성장을 제거하기 위해서는 흑색 필름층을 뒷면에 가져야 한다.

따라서 본 연구에서는 상기에 언급된 특정 파장에서 자외선을 반사시켜서 제충 효과를 부여할 수 있다고 알려진 무기화합물(일명 Tismo-D)을 이용하여서 필름 및 벌크 시편을 제조한 후 Tismo-D의 함량 변화에 따른 UV 반사율 비( $R_A/R_B$ ) 및 기계적 물성 변화, 이에 따른 모폴로지 변화를 체계적으로 조사하여서 향후 수행될 제충·제초 멀칭 필름 개발에 대한 최적 반사율을 가지는 빛 반사제의 조성에 대하여 조사하였다. 또한 단일 필름층과 two-layer 필름에 있어서의 광반사 첨가제 함량이 필름의 광반사 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

## 제 2 절 본 연구 개발의 멀칭필름 광반사율 특성

원예분야에서의 해충 제거를 위한 노력들이 그 동안 많이 이루어져 왔다. 현재까지 농업용 화학약품이 해충을 제거하는 데 가장 많이 이용되어 오고 있다. 그러나, 화학약품의 독성과 오랫동안 사용함에 따른 해충들의 내화학약품성의 증가는 농약의 사용을 점점 제한하는 방향으로 이루어지고 있다. 그리하여 친환경적인 원예산업을 모색하고 있다. 그리하여 알루미늄을 코팅한 필름을 멀칭필름으로 사용하는 방법도 시도되었는데, 이는 고비용과 낮은 광투과율로 인하여 적당하지는 못하였다. 따라서 기능성 멀칭필름을 이용한 새로운 친환경적인 해충제거방법이 주목을 끌고 있다. 즉, 특정 파장의 빛을 멀칭필름의 표면에서 반사될 때 해충들이 이 파장영역의 빛을 꺼려하기 때문에 원예에의 해충 접근을 막을 수 있다. 이러한 필름은 UV 반사 특성을 갖는 물질을 필름 내부에 혼입시켜줌으로써 가능하다. Kikumura 등에 따르면, 고분자와 UV 반사특성물질로 구성된 멀칭필름을 제조하면 420nm 이하의 UV 파장영역에서 특징적인 광반사 스펙트럼을 나타내는 것으로 알려져 있다.

일반적으로 첨가제를 함유한 필름은 첨가제의 종류, 첨가제 함량, 고분자 특성, 가공방법 등에 의하여 영향을 받는다. 농업용 및 원예용 필름의 경우, 저밀도폴리에틸렌(LDPE), 고밀도폴리에틸렌(HDPE), 에틸렌-비닐아세테이트 공중합체, 프로필렌 비닐클로라이드 공중합체 등이 많이 이용되고 있다. 광반사제로서는 potassium, calcium, magnesium, barium, zirconium 등을 함유한 titanium 무기화합물들이 이용되고 있다. 무엇보다도 우수한 광반사 특성을 갖는 멀칭필름을 제조하기 위해서는 광반사제의 최적 함량과 이 때의 필름의 물성 연구가 먼저 필요하다. 한편, 멀칭필름은 광반사제를 함유한 필름층과 카이본블랙(carbon black)을 함유한 흑색필름층의 two layers로 구성되기 때문에 멀칭필름에 있어서의 광반사층의 효과를 고찰하는 것이 중요하다.

Figure 3은 본 실험에서 제조된 Tismo-D 함유 멀칭 필름의 빛 반사율을 보여주고 있다. 순수한 LDPE 필름은 200~800 nm의 파장범위에서 20%보다 낮은 광반사율 보이며, 220 nm 근처의 파장에서 작은 피크를 나타내 보인다. 220 nm에서의 작은

광반사피크는 LDPE에서의 어떤 산화 특성에 의한 것으로 생각된다. 그러나, Tismo-D가 LDPE에 첨가될수록 이는 점점 사라졌다. 이것은 Tismo-D가 LDPE에서 일종의 산화제의 역할도 하기 때문인 것으로 보인다. Tismo-D를 함유한 필름의 경우, 300~500 nm에 걸친 반사 스펙트라는 순수한 LDPE의 그것과는 상당히 달랐다. 즉, Tismo-D가 포함되지 않은 필름은 400nm 이하의 파장에서 반사 피크를 거의 관찰할 수 없었던 반면에, Tismo-D 3wt% 이상의 함량을 갖는 필름의 경우 반사 피크를 관찰할 수 있었다. 특허에 의하면 멀칭 필름이 제충 효과를 갖기 위해서는  $R_A/R_B$ 의 값이 1.4 이상이 되어야만 효과가 있다고 기록되어 있지만 본 실험의 경우는 Tismo-D 함량 3wt% 필름이 1.25 정도의  $R_A/R_B$  값을 나타내었고, 5 및 10wt%에서는 1.11 정도의  $R_A/R_B$  값을 나타내었다(Figure 4). 이와 같이 특허에서 나온 기준인 1.4에 비해서 반사율이 떨어지는 것은 기존의 상업용 제충·제초 멀칭필름의 경우 윗면은 빛 반사층이고 아랫면은 제초효과를 주기 위한 흑색 필름으로 구성되어 있는 2-layer 구조로 되어있기 때문에 아래층의 흑색 필름에 의해서 윗층의  $R_A/R_B$  값이 더 큰 반면 본 실험에서 제조한 필름은 UV 반사층으로 이루어진 1 layer 필름이기 때문에 반사율 효과가 낮게 나온 것으로 판단된다. 따라서 2-layer 구조로 멀칭 필름을 제조시 상기 반사율은 증가할 것으로 예상된다. 지금까지의 빛 반사율 결과를 종합하면 Tismo-D 함량 3~5wt% 정도에서 최대의  $R_A/R_B$  값을 갖는 것을 알 수 있었다. 첨가제를 함유하는 필름의 반사는 약 300 nm의 파장에서 증가하기 시작하였으며 400 nm의 파장에서 최대값을 보였다. 최대 반사율값과 Tismo-D 함량과의 관계는 Figure 5에 나타나 있다. UV 피크 반사율은 첨가제를 증가시킴에 따라 증가하였다.

그러나, UV 반사 자체가 해충의 접근을 막는다는 것이 아니라는 사실은 알려져 있다. 최대 UV 반사율값과 가시광선 영역인 500 nm 파장에서의 반사율값과의 비로 정의되는 특성치값이 해충을 막는 데 중요한 역할을 한다는 것이 받아들여지고 있다. Figure 5는 1-layer 필름에서의 특성치 비를 첨가제의 함량비로 나타내고 있다. 특성치 비는 첨가제의 함량을 증가함에 따라 초기에는 증가하나, 어느 이상에서는 감소하는 경향을 나타낸다. 즉, 5% Tismo-D에서 특성치 비가 최대의 값을 갖는다. 그러나, 이 값은 해충을 막는 데 필요한 1.4의 특성치 비에는 여전히 미치지 못하는 값이다.

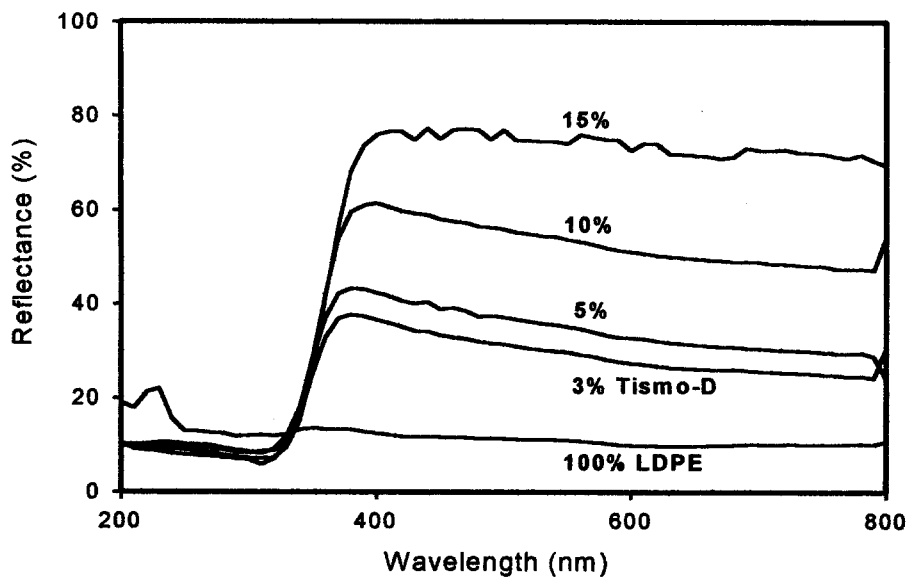


Figure 3. UV/VIS reflectance of single layer films with various additive contents.

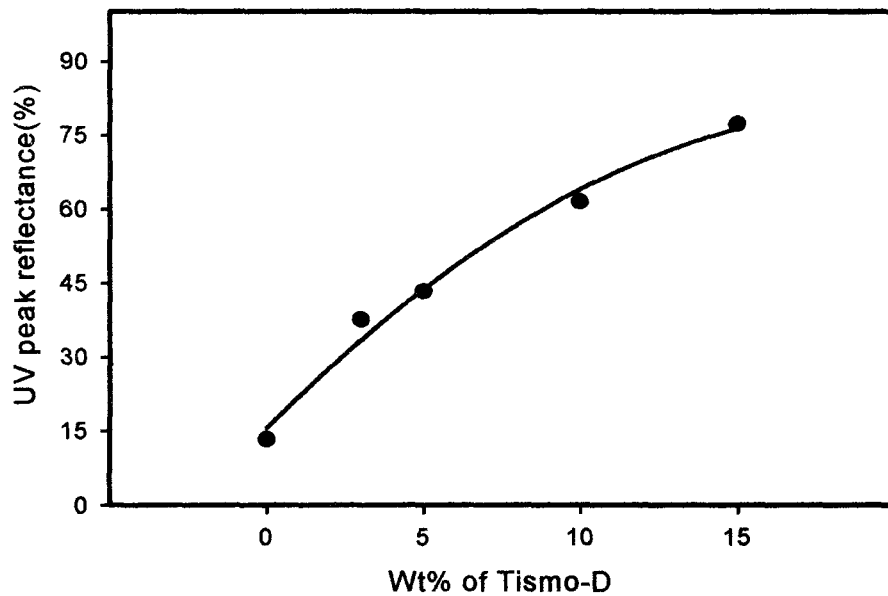


Figure 4. UV peak reflectance of single layer films versus wt % of Tismo-D.

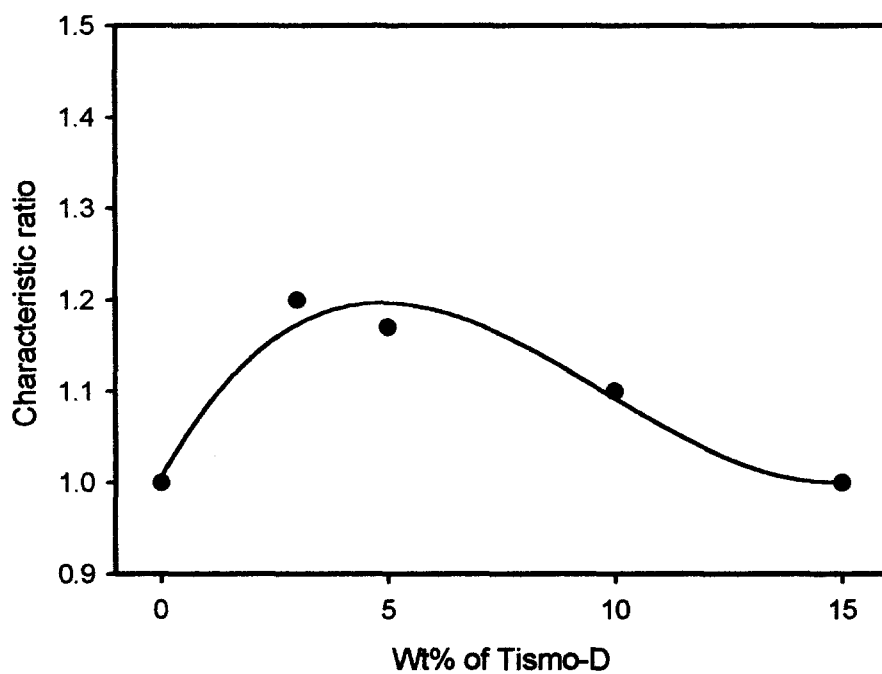


Figure 5. Characteristic ratio of single layer films versus wt % of Tismo-D.



한편, 특성치 비가 첨가제의 함량과 고분자 물성에 의존하는지에 대하여 아는 것이 필요하다. 그리하여 5%와 10% Tismo-D 필름을 여러 가지 온도에서 열처리하여 결정화가 반사율에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다. Figure 6은 열처리 온도에 대한 필름의 특성치 비를 나타내 보인다. 필름의 특성치 비는 열처리 온도에 따라 변화하지 않았다. 5% Tismo-D의 열처리 시료는 10% Tismo-D의 열처리 시료보다 더 큰 특성치 비를 보였다. 따라서 특성치 비는 고분자 결정화에 의존하지 않으며 첨가제의 함량에 의존함을 알 수 있었다.

이와 같이 첨가제의 함량에 의한 광반사율의 특성으로 인하여 첨가제 함량이 3%와 5%인 2-layer 필름이 준비되었다. Figure 7은 2-layer 필름에 대하여 측정된 광반사 곡선을 나타낸다. 2-layer 필름도 역시 400 nm 근처에서 최대 광반사율을 나타내는데, 이는 1-layer 필름의 그것과 유사하였다. 1-layer 및 2-layer 필름의 특성치 비가 Figure 8에서와 같이 첨가제의 함량비로 나타내었다. 같은 첨가제 함량일 때 2-layer 필름의 특성치 비는 1-layer 필름의 그것보다 높았다. 특히, 5% 첨가제의 2-layer 멀칭필름의 특성치 비는 1.47로 해충을 막는 데 필요한 기준치의 값인 1.4보다 높았다. 이는 광반사에 대한 carbon black의 기여가 있음을 의미한다. 2-layer 멀칭필름의 경우, 먼저 첨가제층을 투과한 빛은 carbon black의 필름층에서 다시 반사됨으로써 총반사율에 기여하게 된다. 결과적으로 2-layer 필름이 해충의 접근을 막는 데 효과적이라는 것을 알 수 있다.

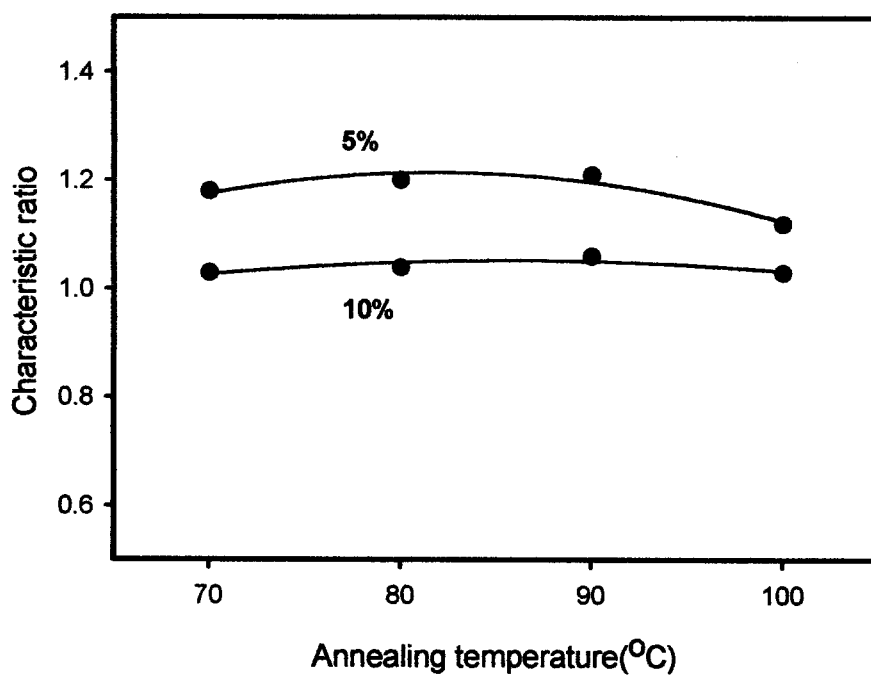


Figure 6. Characteristic ratio of single layer films incorporating 5% and 10% Tismo-D versus annealing temperature.

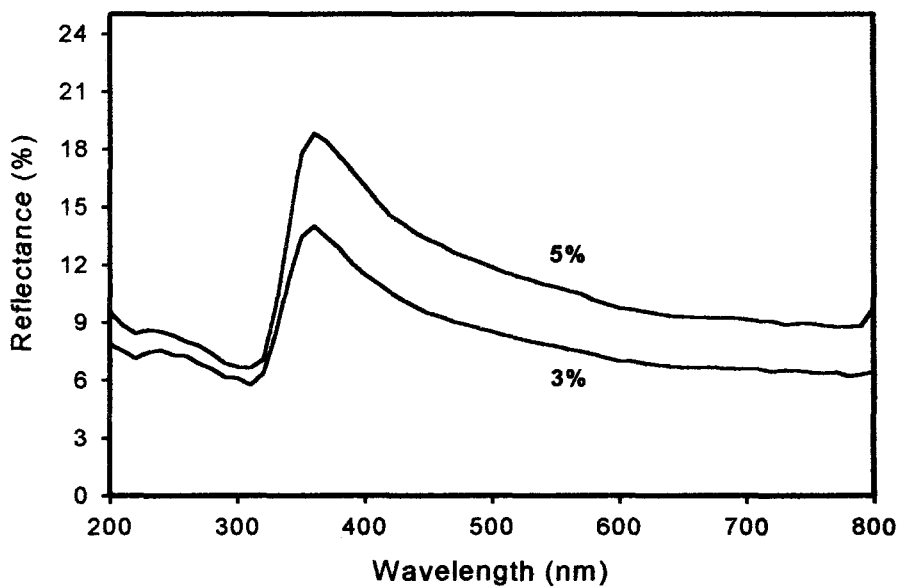


Figure 7. UV/VIS reflectance of two layer films incorporating 3% and 5% Tismo-D versus wavelength.

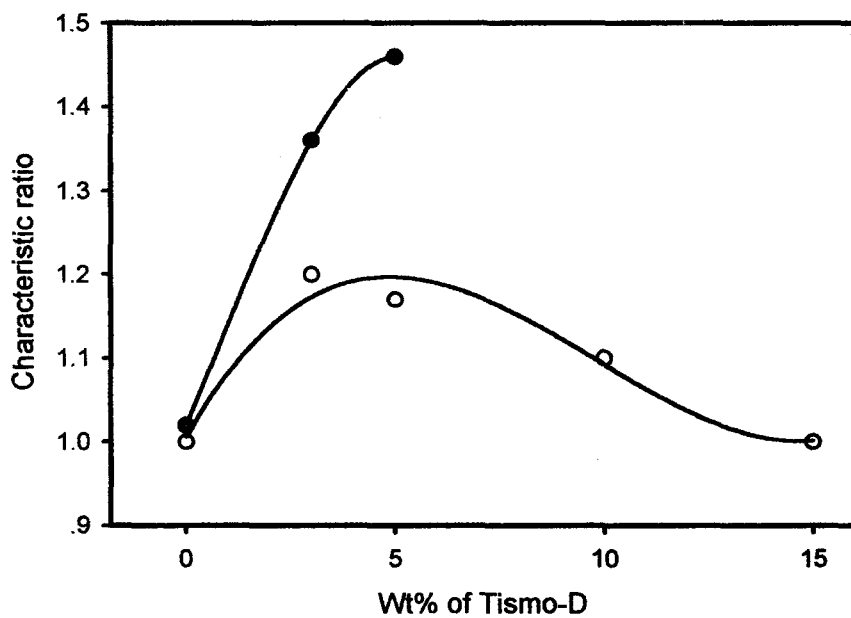


Figure 8. Characteristic ratio of single layer (●) and two layer (○) films versus wt % of Tismo-D.

### 제 3 절 시판제품과의 광반사율 특성 비교

UV 반사율 측정 결과 HDPE(투명, 흑색) 멀칭필름은 거의 모든 빛의 파장영역에서 아주 낮은 반사율을 가지나, KO 및 미라네스크 멀칭필름은 상대적으로 높은 광반사를 나타낸다(Figure 9, Figure 10). 그러나 다른 필름에 비하여 미라네스크 멀칭필름은 약 400nm 파장에서 뚜렷한 광반사 피크를 보이는 반면 KO 멀칭필름에는 이러한 피크가 나타나지 않고 있다. AF는 Al 코팅 PE 필름을 말한다.

제충효과를 알 수 있는 UV 반사율인  $R_A/R_B$  비는 미라네스크 멀칭필름이 1.15로 기존 제품들 중에서 가장 높아 상대적으로 우수한 제충효과가 있을 것으로 기대된다(Table 7). 하지만 이는 특허상의 기준 값인 1.4에는 아직 미치지 못하기 때문에 미라네스크 멀칭필름이 실제로 제충효과를 갖는지의 여부는 시행 예정인 field test 결과가 나올 때까지는 알 수 없다.

표 7. UV/VIS 400nm & 500nm 파장에서의 시판용 멀칭필름들의 광반사율 특성 비교 ( $R_A, R_B$ : 파장 400nm 및 500nm에서의 빛 반사율)

Sample	$R_A$ (%)	$R_B$ (%)	$R_A/R_B$
KO	25.0	23.8	1.04
TF	9.0	8.6	1.04
BF	5.1	5.0	1.02
MI	62.1	53.7	1.15

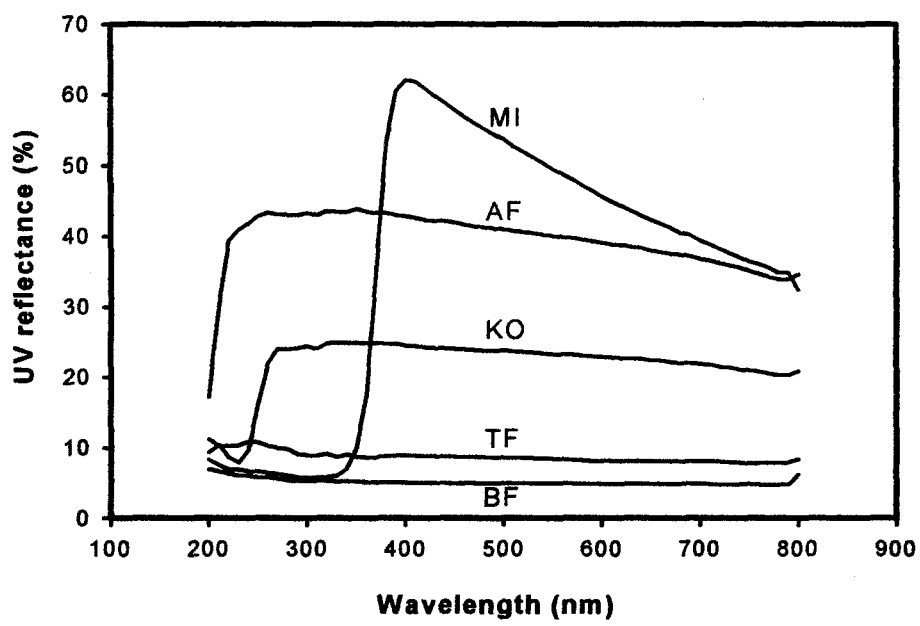


Figure 9. UV reflectance for various films used in this work.

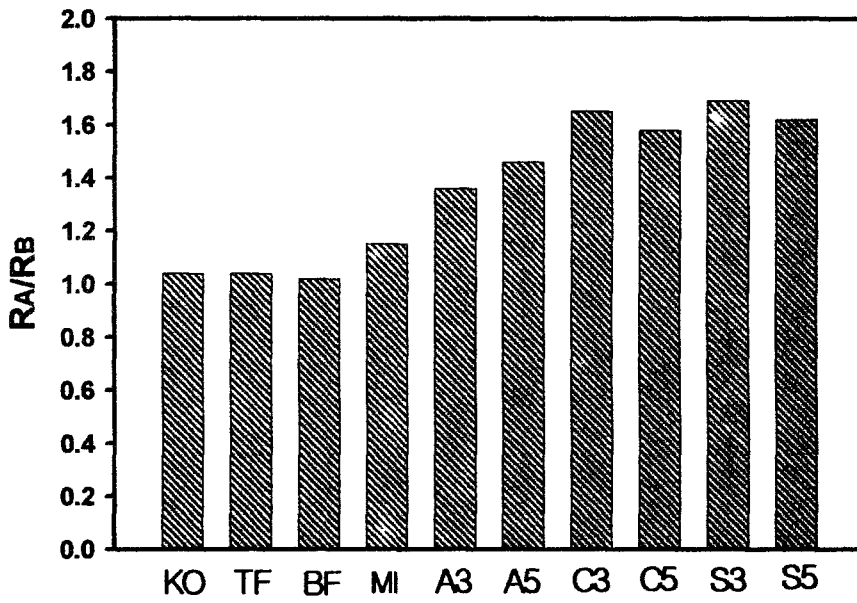


Figure 10. Characteristic ratio for various films.

## 제 4 장 멀칭필름의 물성 평가

### 제 1 절 멀칭필름의 기계적 성질

#### 1. 인장 강도와 신장률

Figure 11은 Tismo-D가 함유된 여러 가지 1-layer 멀칭필름에 대한 전형적인 응력-변형률 곡선을 나타낸다. 응력은 변형률에 따라 거의 선형적으로 증가하다가 항복응력에 도달한다. 거의 모든 시료들은 약 2%에서의 항복응력을 갖는다. 항복응력 이후에는 각 시료들은 파단점에 도달할 때까지 서로 다르게 인장된다. Figure 12은 첨가제의 함량에 따른 1-layer 필름의 강도와 파단신도를 나타내 보인다. 강도는 첨가제의 함량의 증가에 따라 감소한다. Tismo-D가 10% 함유된 시료는 순수한 LDPE 시료에 비하여 강도가 약 10% 정도나 떨어진다. 그러나, 파단신도는 더욱 크게 감소한다. 가한 응력이 항복점에 도달하면 LDPE와 첨가제사이의 계면이 분리되어 첨가제가 결점 또는 공극으로 작용하기 때문이다. 결국 공극은 시료의 파단을 시작하게 하는데, 그 결과 첨가제의 함량에 따라 파단신도는 감소하게 된다.

고분자 매트릭스와 첨가제 사이의 접착력이 우수할 경우, 파단신도에 대하여 다음과 같은 (2)식이 성립한다.

$$\epsilon_B = \epsilon_B^0(1-\psi_2^{1/3}) \quad (2)$$

여기서,  $\epsilon_B$ 와  $\epsilon_B^0$ 는 각각 충전된 고분자와 충전되지 않은 고분자의 파단신도를 나타내며,  $\psi_2$ 는 충전제의 부피비를 나타낸다. (2)식은 충전제가 조금 함유된 경우라도 비교적 큰 파단신도가 나타날 수 있음을 보인다. Figure 13에 나타나 있는 바와 같이, (2)식에 따른 파단신도는 실험치보다 초기에 크게 감소하였다. 그러나, 어떤 점을 지나면 파단신도에 대한 실험치는 크게 감소한다. 이는 비교적 많은 함량의 첨가제에 따라 LDPE 분자의 분자운동성의 감소에 의한 것으로 생각된다.



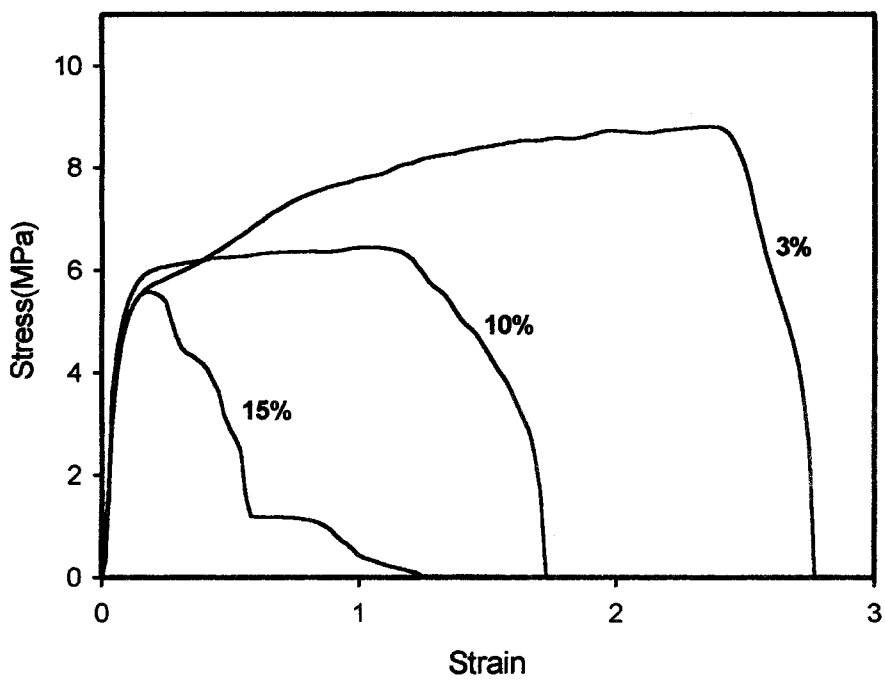


Figure 11. Typical stress-strain curves of single layer films with various Tismo-D contents.

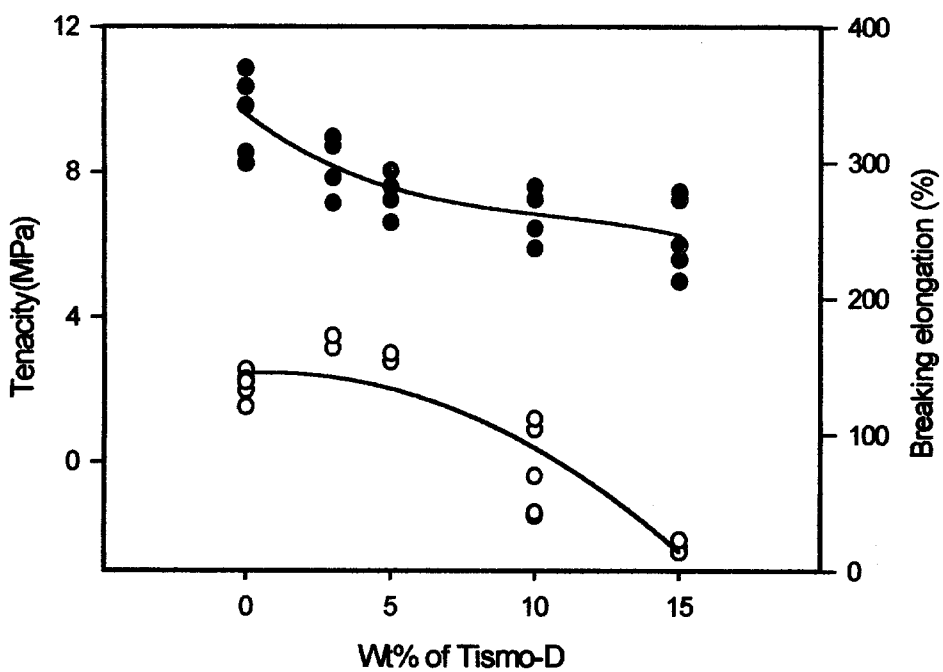


Figure 12. Tenacity (●) and elongation-to-break(○) of single layer films versus wt% of Tismo-D.

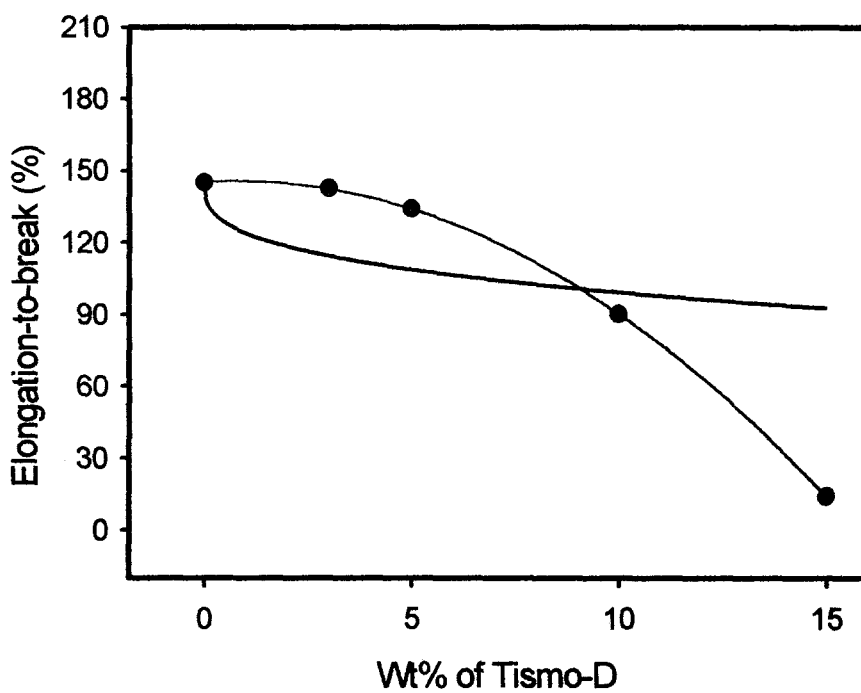


Figure 13. Theoretical curve(---) from the equation (2) and experimental curve (-●-) for elongation-to-break of single layer films versus wt % of Tismo-D.

Figure 14는 Tismo-D의 함량비에 따른 1-layer 필름의 탄성계수를 나타낸다. 강도와 파단신도와는 달리, 탄성계수는 첨가제의 함량 증가에 따라 증가한다. 이는 아마 고분자 매트릭스에서의 첨가제의 강화효과에 의한 것으로 생각된다. 강직한 충전제의 함유에 의한 탄성계수의 증가는 여러 가지 방법으로 표현될 수 있으나 다음의 (3)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{fp} = E_p(1+2.5\Psi_2+1.4\Psi_2^2) \quad (3)$$

여기서  $E_{fp}$ 와  $E_p$ 는 각각 충전제가 함유되었거나 되지 않은 고분자에서의 탄성계수를 나타낸다. Figure 15에서 탄성계수의 증가는 (3)식에 의하여 예상된 값보다 더 높았다. 이는 Tismo-D와 LDPE 분자간의 꽤 좋은 계면 접착력에 의한 것으로 생각된다. 결과적으로, 10%보다 낮은 함량의 Tismo-D를 함유하고 있는 시료들은 좋은 기계적 성질과 해충접근방지효과를 갖는 것으로 나타났다.

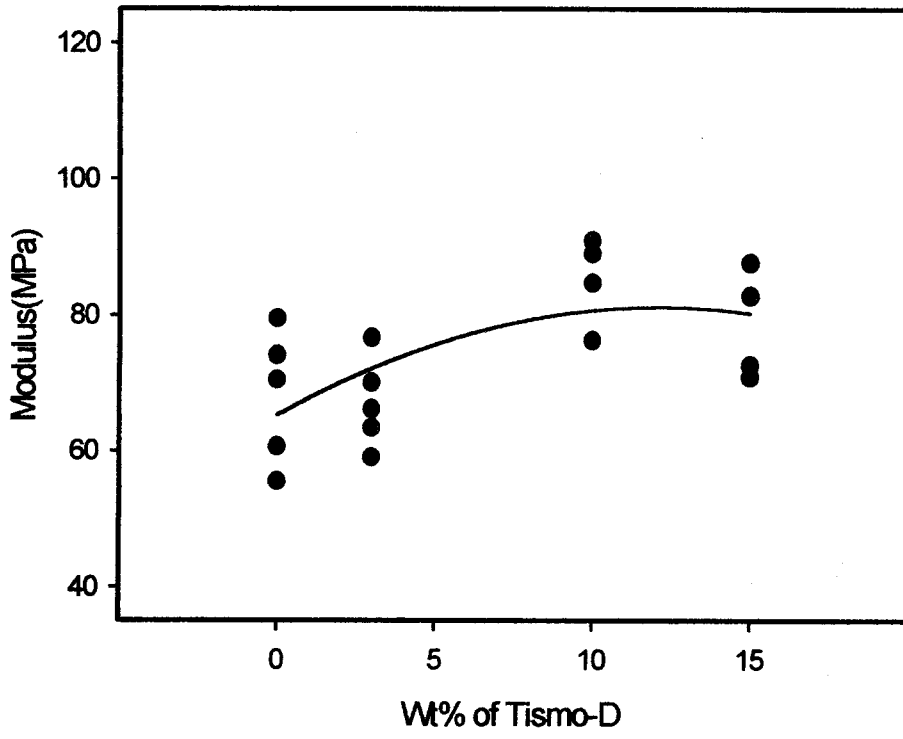


Figure 14. Modulus of single layer films versus wt % of Tismo-D.

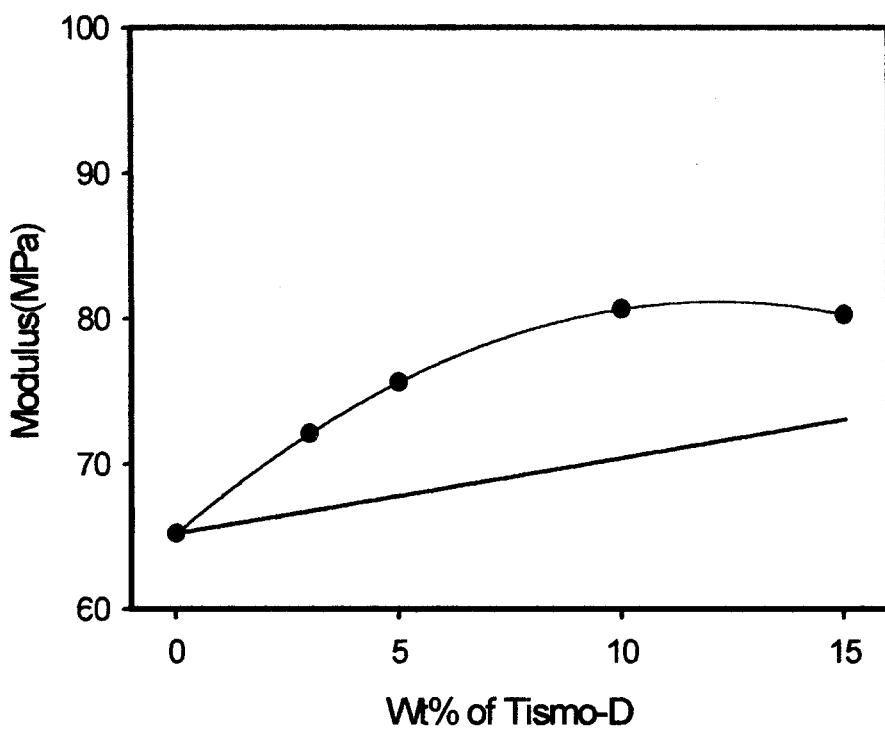


Figure 15. Theoretical curve(---) from the equation (3) and experimental curve (-●-) for modulus of single layer films versus wt % of Tismo-D.

표 8과 표 9는 Tismo-D를 함유하는 멀칭필름의 인장강도를 보여주고 있다. 여기에서 보이는 것처럼 필름 시편의 경우 기계방향(machine direction), 횡방향(transverse direction)에 관계없이 Tismo-D 함량 3wt%에서 최대 인장강도를 갖는 것을 보여주고 있다. 그러나 그 이상의 함량에서는 인장강도가 기계방향으로는 급격히, 그리고 횡방향으로는 서서히 감소하는 경향을 나타내고 있다. 한편 기계방향으로의 최대 인장강도는 조사된 조성범위에 걸쳐서 횡방향에 비해서 우수한 것으로 나타났으며 기계방향에서 3wt% Tismo-D 함유시 24.4MPa의 최대값을 나타내었다. 이러한 결과는 필름제조 공정상의 과정을 고려하면 예상할 수 있는 결과이다. 본 멀칭필름은 blown 필름 압출기를 이용하여 제조되었으며, 제조 공정상에서 기계방향(필름이 나오는 방향)으로 연신이 이루어지는 것을 감안하면 사슬배향으로 인한 강도증가는 예상할 수 있다.

한편, 인장강도의 경우와 유사하게 파단신율도 기계방향, 횡방향 모두 Tismo-D 함량 3wt% 정도에서 최대값을 나타내고, 그 이상에서는 감소하는 경향을 나타내었다(Figure 16). 그러나, 인장강도의 경우와는 반대로 횡방향에서의 파단신율 감소가 기계방향에 비해서 더욱 뚜렷하였고, 또한 횡방향에서의 파단신율이 기계방향에 비해서 매우 큰 것을 발견할 수 있었다. 횡방향 필름의 경우 Tismo-D 3wt%에서 450% 이상의 파단신율을 나타낸 반면, 기계방향으로는 140% 정도에 불과하였다. 이는 최대 인장강도의 결과에서와 마찬가지로 필름 제조 공정상의 특성을 고려하면 쉽게 이해될 수 있다. 즉 필름제조시 기계방향으로의 연신이 이루어지기 때문에 동일방향으로의 인장강도는 증가하는 반면에 수직방향인 횡방향에서는 상대적으로 낮은 연신으로 인한 더 큰 파단신율이 가능하게 된다.

동일필름의 강인성을 나타내주는 파단시의 파괴일(work of rupture)은 Tismo-D 3%에서 최대값을 보여주고 있고, 또한 횡방향으로의 파괴일이 기계방향에 비해서 큰 것을 알 수 있다. 이는 파괴일의 정의를 고려하면 쉽게 이해할 수 있다. 즉 파괴일은 응력-신도 곡선 내의 면적으로서 이전의 최대 인장강도 결과에서 기계방향으로의 값이 횡방향에 비해서 3wt% Tismo-D에서 최대 1.5배 정도이었던 반면, 파단신율은 횡방향이 기계방향에 비해서 3배 이상의 증가를 보이기 때문에 이러한 결과는 당연히 예상할 수 있다.

기존 멀칭필름의 최대응력을 측정한 결과, M.D.(기계방향)로는 HDPE(흑색) 멀칭

필름이 40.5kg/mm<sup>2</sup>로 가장 높게 나타났으며 KO 멀칭필름이 23.4kg/mm<sup>2</sup>로 가장 낮게 나타났다(Table 8). T.D.(횡방향)에서도 KO 멀칭필름이 11.7kg/mm<sup>2</sup>로 가장 낮게 나타났으며 KO 멀칭필름을 제외한 나머지 필름들은 비슷한 값을 보였다. 같은 HDPE 필름인데도 HDPE(흑색) 멀칭필름의 최대응력이 HDPE(투명) 멀칭필름보다 높게 나타난 것은 carbon black 충전제의 영향으로 보인다. KO와 미라네스크 멀칭필름의 최대응력이 상대적으로 낮은 것으로 보아 이들 필름은 HDPE가 아닌 LDPE 또는 LLDPE로 제조된 것으로 생각된다. KO 멀칭필름의 최대응력 결과값의 분포가 미라네스크 멀칭필름에 비하여 큰 것은 제조과정상의 문제로 사료된다.

한편, 기존 멀칭필름의 파단신율을 측정된 결과 M.D. 및 T.D. 양방향 모두 미라네스크 멀칭필름이 348.2%(M.D.), 632.1%(T.D.)로 가장 높게 측정되었으며 HDPE(흑색) 멀칭필름이 65.5%(M.D.), 31.4%(T.D.)로 가장 낮게 측정되었다(Table 10). 결과 값을 볼 때 KO와 미라네스크 멀칭필름은 HDPE 필름과는 다른 거동을 보이는데 이것은 KO와 미라네스크 멀칭필름이 HDPE 필름이 아니라는 것을 말해준다. HDPE(흑색) 멀칭필름의 파단신율은 HDPE(투명) 멀칭필름보다 다소 낮게 측정된 것으로 보아 첨가된 충전제가 응력(강도)은 향상시키나 신율은 반대로 떨어뜨리는 것을 알 수 있다.

표 8. 시판용 멀칭필름들의 강도 비교

	KO		TF		BF		MI	
	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.
1	22.2	13.7	33.6	26.8	44.6	24.4	29.9	27.9
2	22.0	10.8	31.2	25.4	41.6	242.2	29.7	26.7
3	26.8	11.1	30.5	27.5	39.2	26.9	29.0	27.9
4	25.0	9.8	31.8	28.0	38.8	25.3	28.8	27.7
5	21.1	13.0	31.9	22.5	38.3	28.3	27.3	28.1
ave.	23.4	11.7	31.8	26.0	40.5	25.8	28.9	27.7

(단위: kg/mm<sup>2</sup>)



표 9. 본 연구개발에서 제조한 시료의 역학적 특성값

	A3		A5		C3		C5		S3		S5	
	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	TD	M.D.	T.D.
1	102.0	376.7	123.0	386.8	137.2	630.4	143.3	747.4	130.2	640.1	145.2	752.4
2	92.6	342.1	107.8	352.2	139.1	630.4	144.5	742.4	141.4	638.0	142.7	745.8
3	113.8	384.9	103.4	379.0	124.4	632.3	140.2	731.0	128.5	635.6	143.3	728.5
4	101.0	301.9	113.7	355.5	124.5	665.1	131.2	737.0	129.1	663.4	141.6	731.6
5	109.4	327.2	105.1	323.3	-	-	-	-	133.8	654.7	130.9	744.3
ave.	103.8	346.6	110.6	359.4	131.3	639.6	139.8	739.5	132.6	646.4	140.7	740.5

표 10. 시판용 멀칭필름들의 파단신도 비교

	KO		TF		BF		MI	
	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.
1	70.1	457.7	79.2	187.0	68.9	35.7	342.1	625.4
2	63.7	385.6	90.5	192.5	63.8	29.1	337.1	637.8
3	73.1	385.4	83.4	199.1	60.6	32.6	353.6	626.4
4	79.8	348.0	83.9	185.9	64.5	27.1	342.8	622.9
5	82.5	429.0	94.8	173.8	69.5	32.7	365.5	648.0
ave.	73.8	401.1	86.4	187.7	65.5	31.4	348.2	632.1

(단위:%)

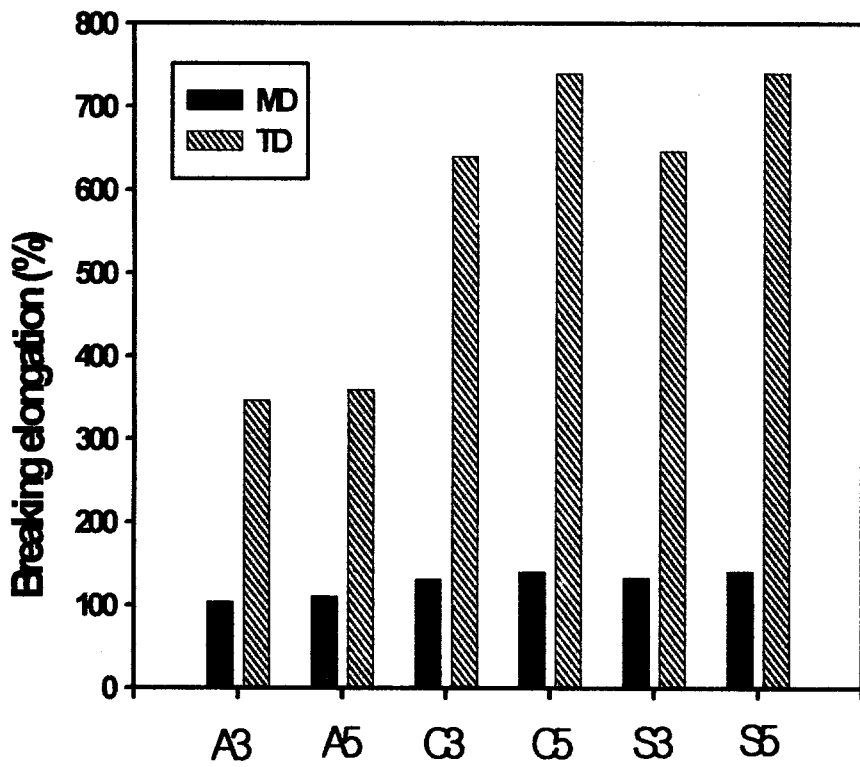


Figure 16. Breaking strain of various mulching films used in this investigation.

## 2. 인열강도

Figure 17은 필름의 인열강도를 보여주고 있다. 인열강도의 경우 기계방향에서는 Tismo-D 함량 3wt%에서, 횡방향의 경우 5wt%에서 최대값을 나타내었으며, 각각 그 이상의 함량에서는 기계방향에서는 급격한 감소가, 횡방향에서는 완만한 감소가 발생하였다. 한편, 전반적으로 기계방향으로의 인열강도는 횡방향에 비해서 Tismo-D 함량 5wt%까지는 2~3 배 정도의 증가를 나타낸 반면, 그 이상의 함량에서는 큰 차이를 관찰 할 수 없었다. 따라서 이상과 같은 인장 및 인열시험 결과를 종합하여 볼 때 필름 시편의 경우 대략 Tismo-D 함량 기준 3~5wt%에서 최대의 기계적 물성을 갖는 것을 발견할 수 있었다.

기존 멀칭필름의 인열강도를 측정한 결과 M.D. 및 T.D. 양방향 모두 미라네스크 멀칭필름의 인열강도가 각각 1.2, 5.3kg으로 가장 높게 측정되었고 HDPE(투명) 멀칭 필름이 0.2, 0.8kg으로 가장 낮게 측정되었다. HDPE(투명, 흑색) 멀칭필름에 비하여 KO와 미라네스크 멀칭필름의 인열강도가 상대적으로 높은 것은 이들 필름이 2 layer로 이루어진 보다 두꺼운 필름이기 때문이라고 사료된다. 여기에서 측정된 인열강도는 두께가 고려된 값(kg/mm)이 아니고 단순히 생산된 필름자체의 강도를 나타내는 값(kg)이다.

표 11. 시판용 멀칭필름에 대한 인열강도 비교

	KO		TF		BF		MI	
	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.
1	0.4	1.6	0.2	0.8	0.2	7.8	1.0	5.0
2	0.4	1.8	0.2	0.6	0.2	5.4	1.4	5.4
3	0.4	1.8	0.2	0.8	0.2	6.6	1.1	5.4
4	0.4	1.8	0.2	0.8	0.2	6.2	1.2	5.3
5	0.4	1.6	0.2	0.8	0.2	7.7	1.2	5.4
ave.	0.4	1.7	0.2	0.8	0.2	6.7	1.2	5.3

( 단위 : kg )

표 12. 본 연구개발에서 제조한 시료들의 인열강도

	A3		A5		C3		C5		S3		S5	
	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.	M.D.	T.D.
1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	10.8	0.8	12.3	0.4	10.8	0.8	12.4
2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	10.8	0.8	12.3	0.4	11.0	0.8	11.8
3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	11.2	0.8	11.6	0.4	11.4	0.8	12.4
4	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	11.2	0.8	11.6	0.4	11.0	0.8	12.6
5	0.2	0.2	0.3	0.3	-	-	-	-	0.4	11.4	0.8	12.0
ave.	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	11.0	0.8	12.0	0.4	11.1	0.8	12.2

( 단위 : kgf )

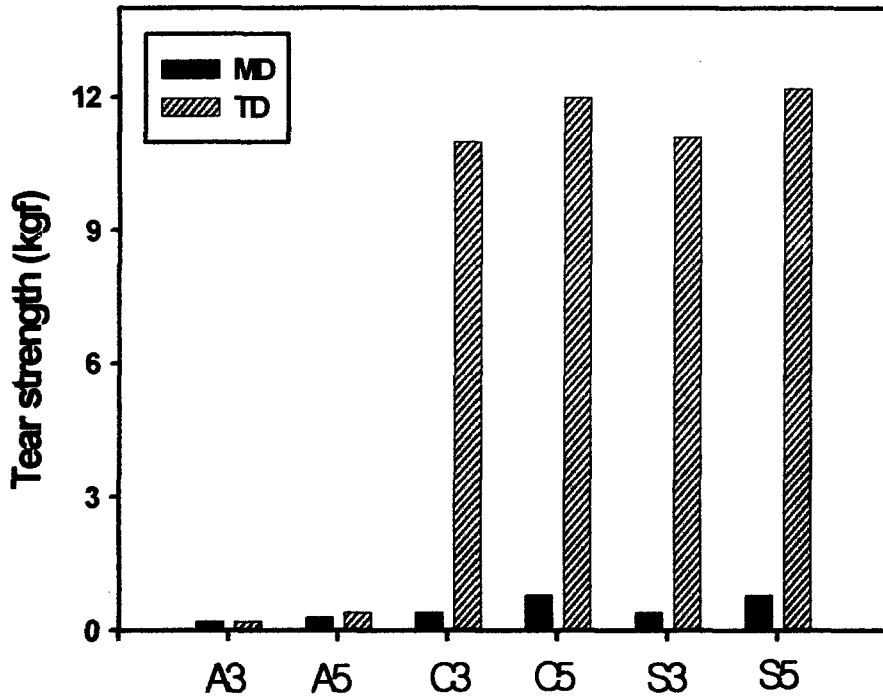


Figure 17. Tear strength of various mulching films.

### 3. 충격시험

상기 필름 시편에서 얻어진 결과가 사출에 의한 벌크 시편에서도 재현성이 있는지를 확인하기 위해서 사출 시편을 이용한 인장 및 충격 특성을 조사하였다. Figure 18은 Tismo-D를 함유하는 벌크 시편의 인장강도를 보여주고 있다. 그림에서와 같이 Tismo-D 함량 3~5wt%까지는 인장강도는 큰 변화없는 완만한 증가를 관찰할 수 있었고, 그 이상의 함량에서는 급격히 감소하였다. Figure 19은 동일 벌크 시편의 파단신율을 나타내고 있다. 마찬가지로 Tismo-D 기준 3~5wt%에서 최대 파단신율을 관찰할 수 있었고, 그 이상의 함량에서는 급격히 감소하였다. 구체적으로는 Tismo-D 3wt%에서 벌크 시편은 60% 정도의 파단신율을 기록한 반면, 필름 시편의 경우는 각각 45%(횡방향) 및 149%(기계방향) 정도로서 훨씬 큰 파단신율을 관찰하였다. 이는 동일한 조성의 시편이라도 벌크 및 필름이라는 시편의 상태가 다르기 때문에 서로 다른 stress condition(e.g. plane strain vs plane stress)으로 인한 결과치의 차이라고 사료된다. Figure 9는 벌크 시편의 강인성을 나타낸 그림이다. 역시 필름 시편의 경우와 유사하게 Tismo-D 기준 3wt% 정도에서 최대의 강인성을 나타내었고, 그 이상에서는 감소하는 경향을 보이고 있다. Figure 20은 벌크 시편의 충격강도를 나타낸 것으로, 지금까지의 결과와 마찬가지로 Tismo-D 3wt%에서 460J/m의 최대 충격강도를 나타내었고 그 이상의 함량에서는 단조 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 지금까지의 필름 및 벌크 시편의 기계적 물성 측정 결과 두가지 시편 모두 공히 Tismo-D 기준 3wt% 정도에서 최대의 기계적 물성을 나타내었다.

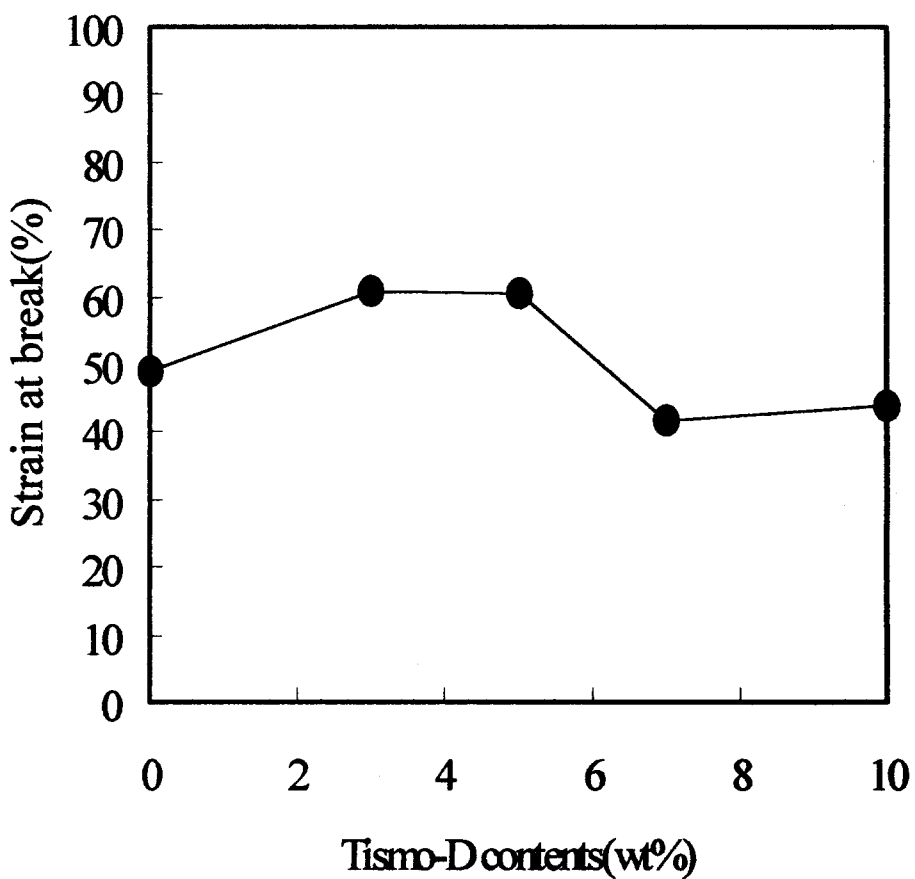


Figure 18. Percent strain at break of LDPE bulk specimen containing various amounts of Tismo-D.

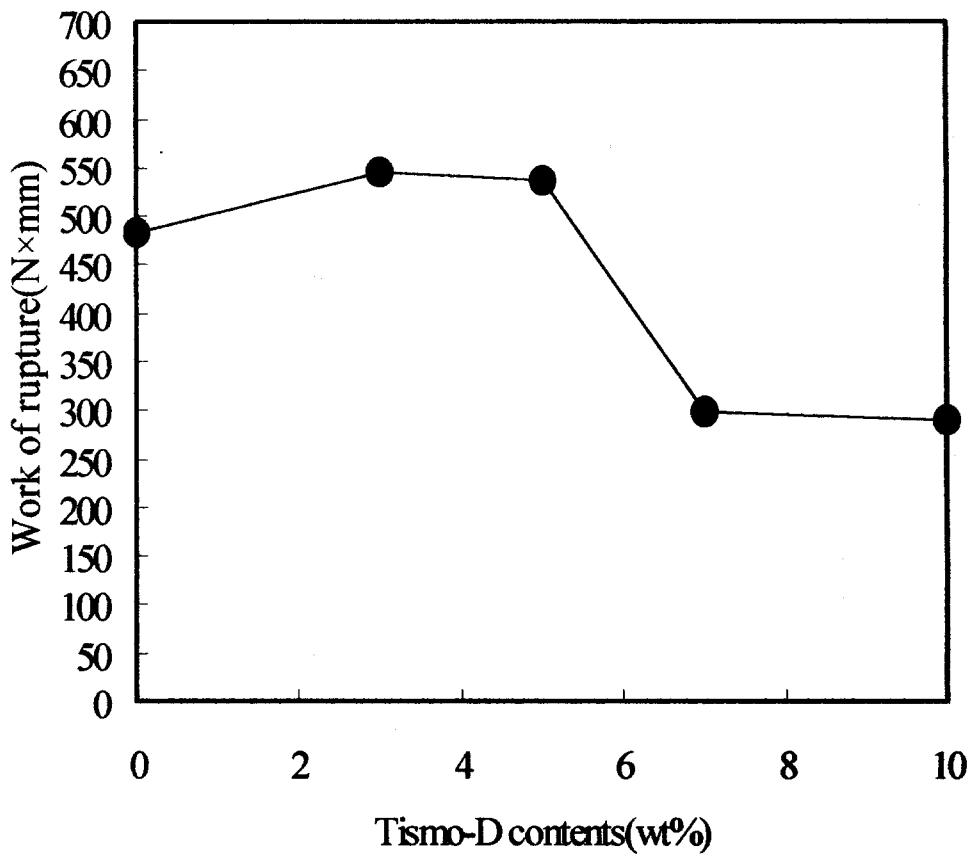


Figure 19. Work of rupture of LDPE bulk specimen containing various amounts of Tismo-D.



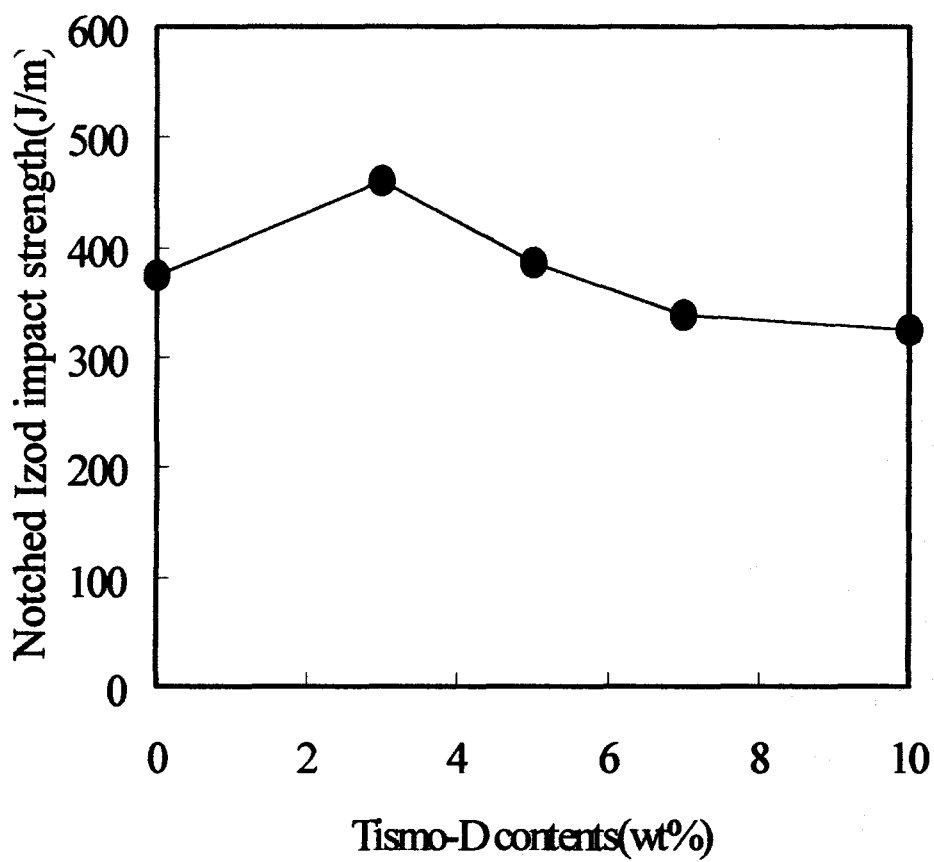


Figure 20. Notched izod impact strength of LDPE bulk specimen containing various amounts of Tismo-D.

## 제 2 절 멀칭필름의 열적 성질

기존 멀칭필름들을 DSC를 이용하여 열분석한 결과 HDPE(투명, 흑색) 멀칭필름의 용점은 모두 128℃ 정도로 높았으나, KO와 미라네스크 멀칭필름의 용점은 이보다 낮으면서 각각 double 및 triple 용점을 갖는다(Figure 21). 냉각(결정화) 및 재용융시 거동은 용융거동에서의 KO와 미라네스크 멀칭필름의 double 및 triple 피크를 제외하고는 용융거동과 잘 일치한다(Figure 22, Figure 23). 따라서 HDPE(투명, 흑색) 멀칭필름은 순수한 PE의 특성이 그대로 잘 나타난 것으로 보이나, KO와 미라네스크 멀칭필름은 첨가제로 인하여 결정화가 제대로 이루어지지 않은 것 같다. 이는 각 필름의 결정화도(용해열) 결과에서도 그대로 나타나고 있다. 즉, HDPE(투명, 흑색) 멀칭필름은 결정화도가 높으나 KO와 미라네스크 멀칭필름은 상당히 낮은 편이다.

KO와 미라네스크 멀칭필름의 열분석 결과를 서로 비교해보면 미라네스크 멀칭필름은 단일 특성의 PE(LLDPE)로 구성되어 있는 것 같으나, KO 멀칭필름은 LDPE와 LLDPE 두 가지의 수지로 구성되어 있는 것으로 사료된다.

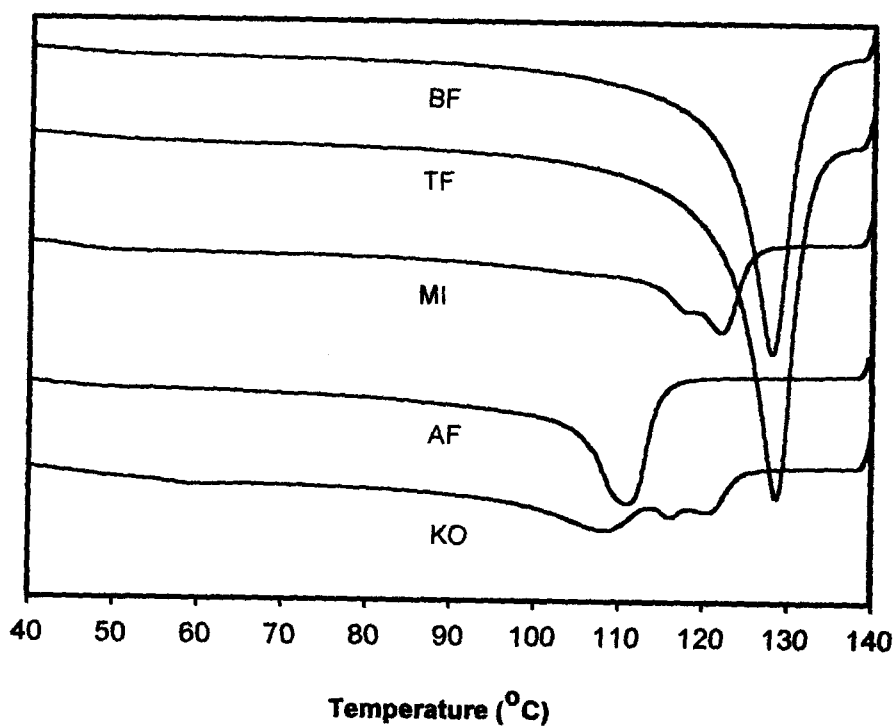


Figure 21. DSC thermograms of various films obtained from the 1st heating at a heating rate of 10°C/min.

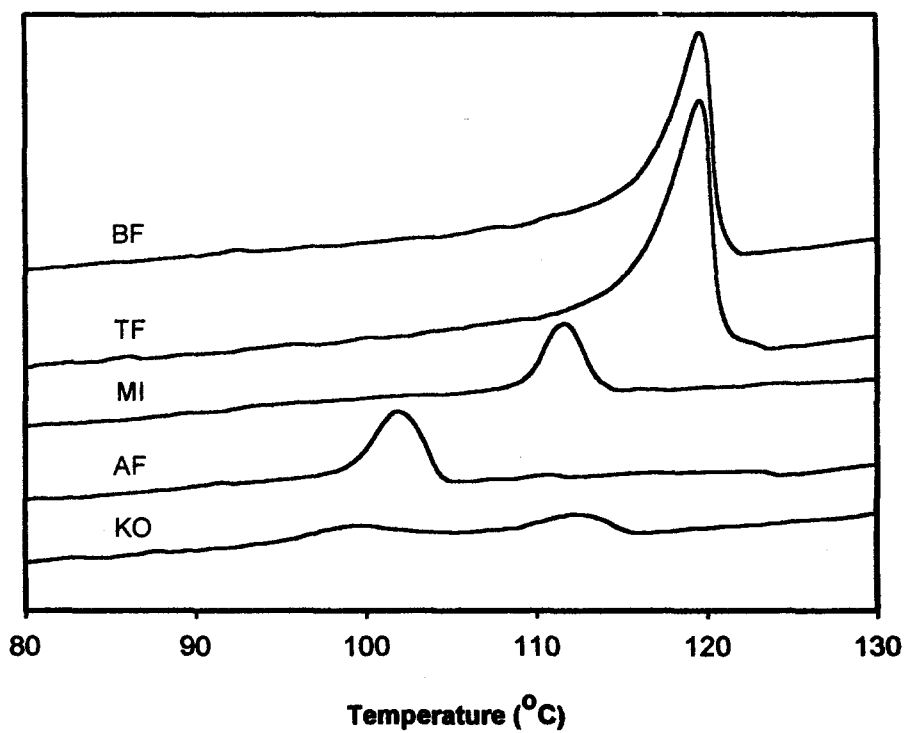


Figure 22. DSC thermograms of various films obtained from the 1st cooling at a heating rate of 10°C/min.

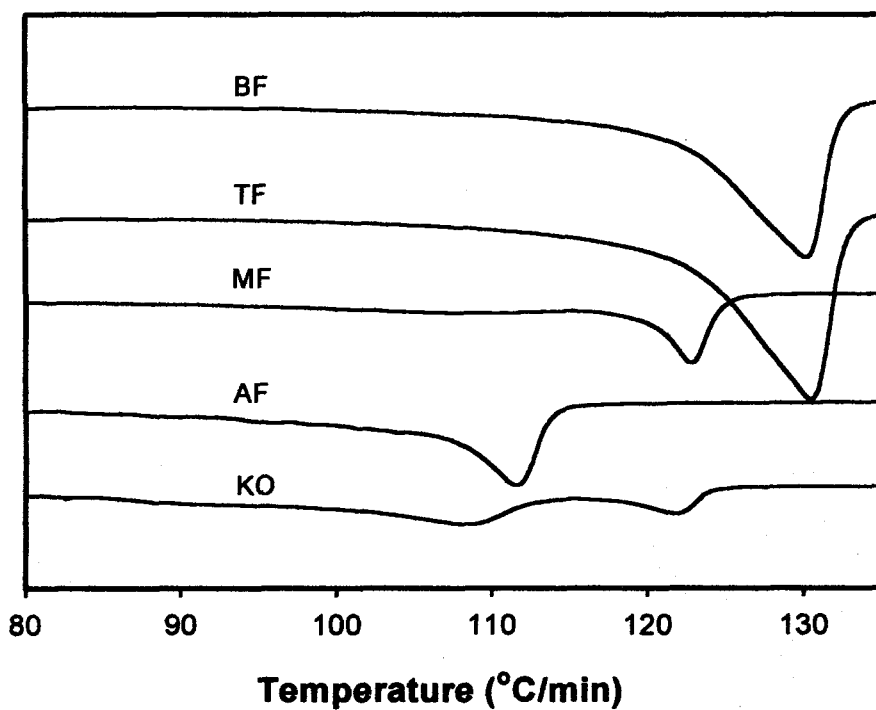


Figure 23. DSC thermograms of various films obtained from the 2nd heating at a heating rate of 10°C/min.

표 13. 시판용 멀칭필름들의 DSC 열분석 결과

Sample		T <sub>m</sub> (°C)	ΔH <sub>m</sub> (J/g)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔH <sub>c</sub> (J/g)
KO	1st heating	108.4 116.2 121.1	78.3		
	1st cooling			99.1 112.1	49.7
	2nd heating	108.4 121.9	80.4		
TF	1st heating	128.7	201.9		
	1st cooling			120.7	146.1
	2nd heating	130.4	202.5		
BF	1st heating	128.2	182.0		
	1st cooling			120.7	177.3
	2nd heating	130.1	183.7		
MI	1st heating	122.2	78.5		
	1st cooling			111.6	34.4
	2nd heating	122.8	29.6		

### 제 3 절 멀칭필름의 구조적 성질

Figure 24은 여러 가지 첨가제 함량에 따른 1-layer 필름의 x-선회절곡선을 나타낸다. 순수한 Tismo-D 분말을 제외하고는 모든 시료들은  $2\theta=21.4^\circ$ 와  $23.5^\circ$ 에서 각각 LDPE 결정의 (110) 및 (200)면에 따른 강한 회절피크를 나타낸다.  $2\theta=31.0^\circ$ 와  $34.5^\circ$ 는 Tismo-D 물질의 결정회절피크이다. 그러나, 첨가제에 따라 LDPE의 결정구조와 면간거리의 변화는 보이지 않는다. Figure 25는 첨가제 함량이 LDPE 필름의 용점과 결정화도에 미치는 영향을 나타낸다. LDPE의 용점은 첨가제의 함량에 따라 거의 일정하다. DSC 곡선의 흡열피크하의 면적으로부터 계산한 용해열은 다음의 식을 이용하여 결정화도를 구할 수 있다.

$$\phi = (\Delta H_m / \omega \Delta H_m^\circ) \times 100 \quad (4)$$

여기서  $\Delta H_m$ 는 실험적으로 구한 용해열이며,  $\Delta H_m^\circ$ 는 완전한 LDPE 결정이라고 가정하였을 때의 평형용해열을 의미한다.  $\omega$ 는 필름에서 차지하는 LDPE의 무게비를 나타낸다.  $\Delta H_m^\circ$ 의 값을  $295.8 \text{ J/g}$ 이라고 가정하였다. (4)식을 이용하여 구한 결정화도에 따르면, 이는 첨가제의 함량에 따라서 거의 변화를 나타내지 않았다. 이는 Tismo-D의 존재가 LDPE의 결정화에는 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 나타낸다. 비교적 큰 크기의 Tismo-D 첨가제의 존재가 다른 고분자 복합체에서도 나타나듯이 LDPE의 결정화에 대한 결정화핵제로서의 역할은 거의 이루어지지 않음을 의미한다.

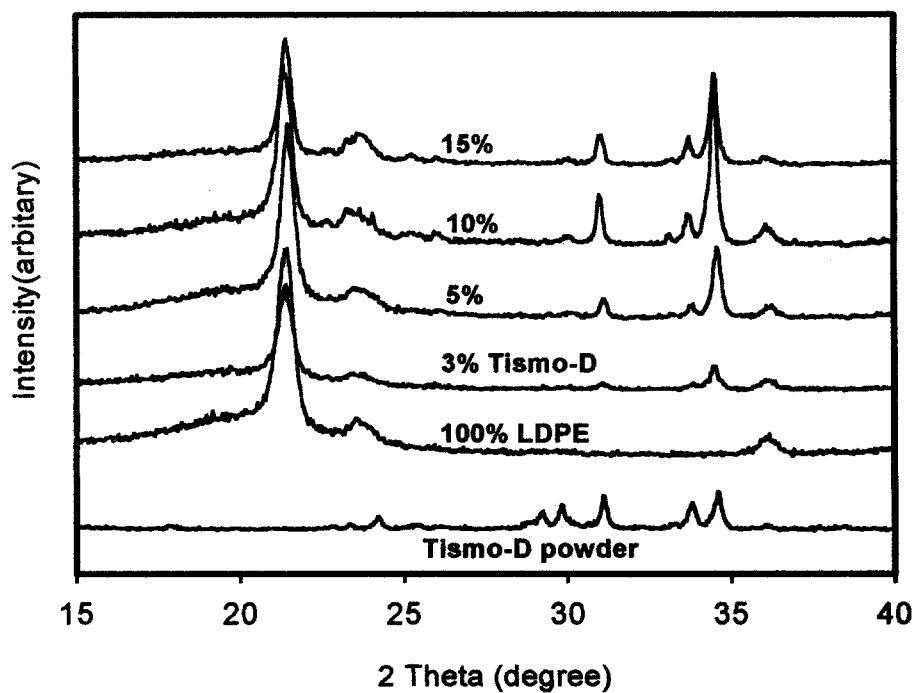


Figure 24. X-ray diffractograms of single layer films with various additive contents.



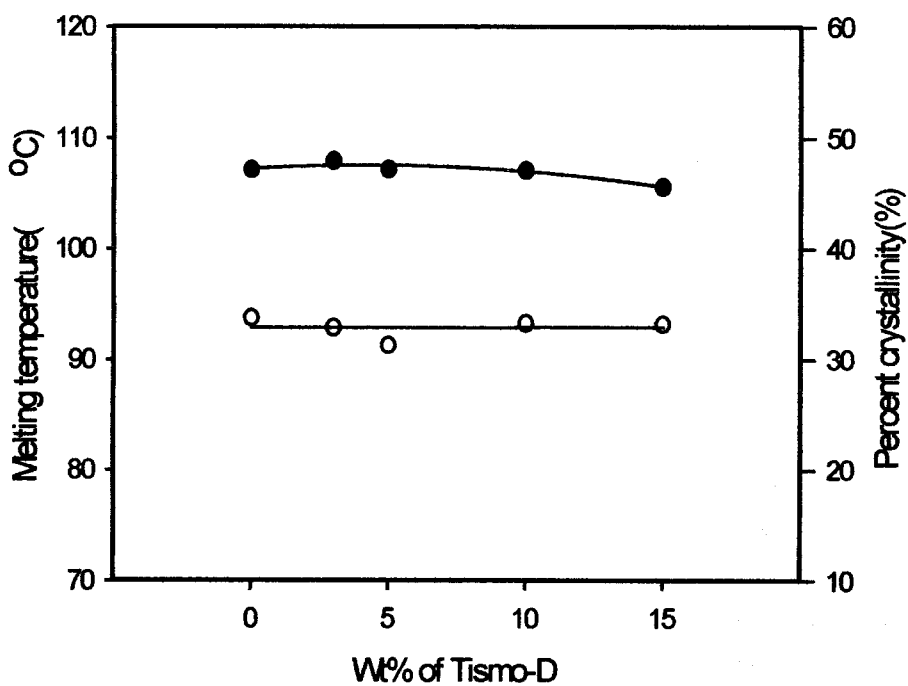


Figure 25. Melting temperature(●) and percent crystallinity(○) of single layer films versus wt % of Tismo-D.

## 제 4 절 멀칭 필름의 모폴로지

기계적 물성과 벌크 시편의 파단 모폴로지와의 관계를 규명하기위해서 먼저 Tismo-D의 whisker 분산 상태를 액체 질소하에서 파단시킨 벌크 시편의 파단면을 이용하여 관찰하였다. Figure 26은 Tismo-D 함량 변화에 따른 PE 매트릭스 상에서의 whisker 분상 상태를 보여주고 있다. 그림에서 보이는 것과 같이 대체로 Tismo-D의 함량이 증가함에 따라 5wt% Tismo-D까지는 whisker 등이 비교적 고르게 매트릭스 상에 분산되어 있는 것을 확인 할 수 있었으나, 7wt%, 10wt%의 경우에는 함량증가로 인한 whisker들의 국지적인 뭉침(localized aggregation) 현상이 발생 되는 것이 관찰되었다. 따라서 이러한 국지적 입자 뭉침 현상이 인장 및 충격 실험 시 premature failure로 인한 낮은 파단신율을 및 충격강도를 가지고 온 것으로 사료 된다.

Figure 27는 Tismo-D 함량 변화에 따른 충격 파단시편의 단면을 보여주고 있다. 그림에서 보이는 바와 같이 Tismo-D 함량 3wt%에서는 PE 매트릭스와 Tismo-D whisker 사이에는 빈 공간이 없이 매트릭스가 둘러싸여 있는 것을 확인 할 수 있었지만 5wt% 이상에서는 매트릭스가 Tismo-D whisker를 둘러싸지 못하고 주위에 빈 공간이 생기는 voiding 및 whisker pull-out 현상이 관찰되었다. 따라서 이와 같은 결과를 볼 때 Figure 11의 Tismo-D whisker 분상 상태에 나타난 5wt% 이상 whisker 함량 존재시의 localized aggregation으로 인한 충격 파단시의 용이한 whisker pull-out 및 voiding 현상이 이 조성 범위에서의 낮은 충격강도의 주 원인이라고 사료된다.

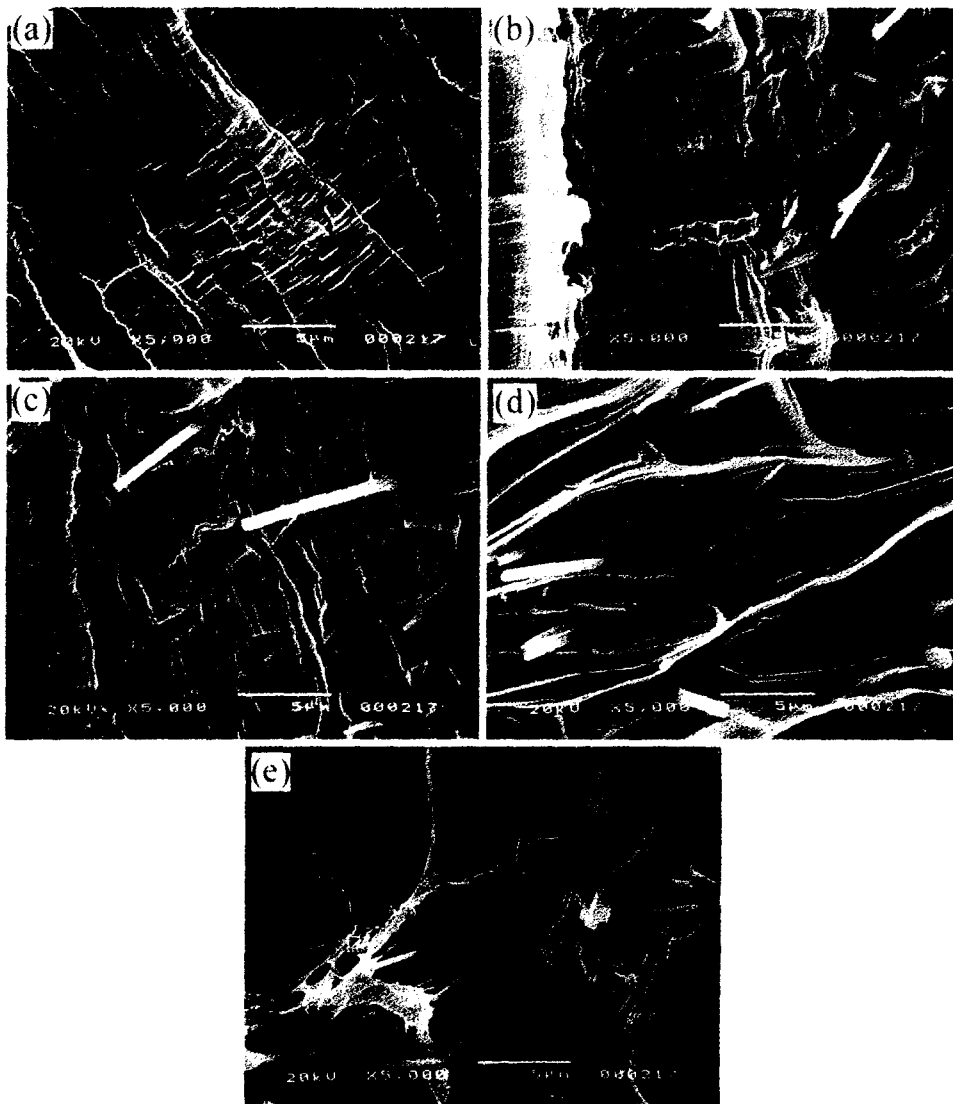


Figure 26. SEM photographs of liquid nitrogen fractured surface of polyethylene bulk specimens containing various amounts of Tismo-D: (a) 0 wt%, (b) 3 wt%, (c) 5 wt%, (d) 7 wt%, (e) 10 wt%.

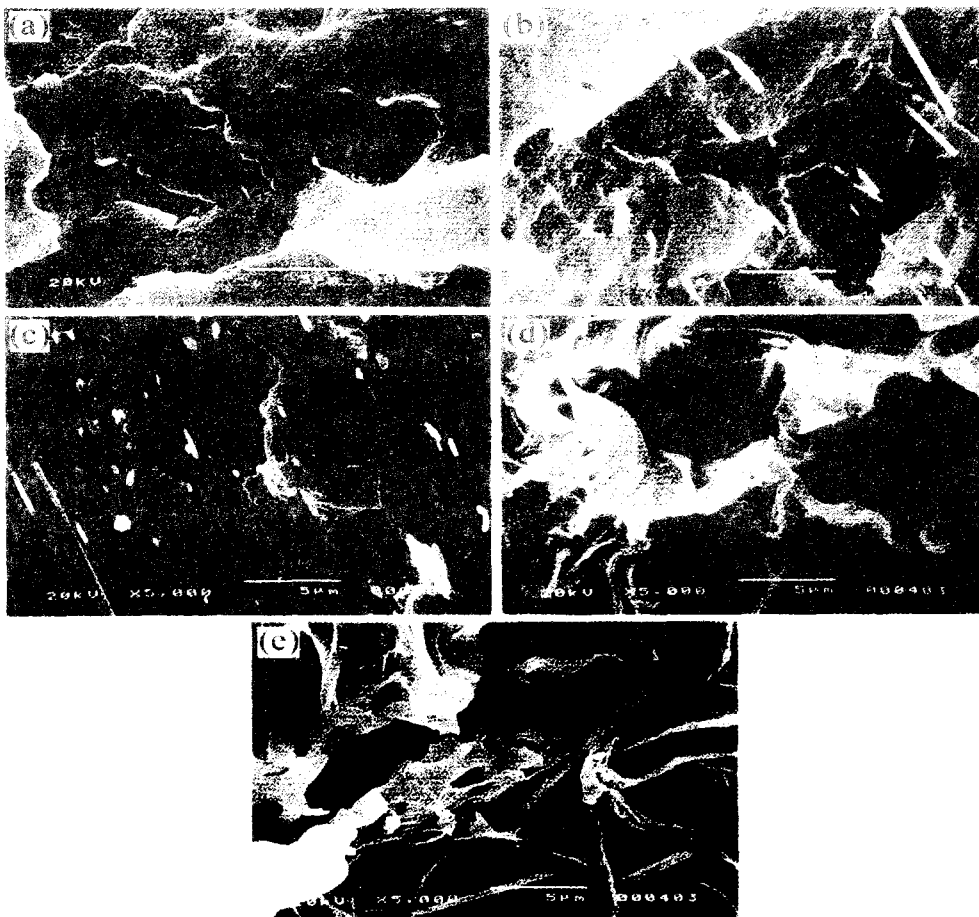


Figure 27. SEM photographs of impact fractured surface of polyethylene bulk specimens containing various amounts of Tismo-D: (a) 0 wt%, (b) 3 wt%, (c) 5 wt%, (d) 7 wt%, (e) 10 wt%.

# 제 5 장 멀칭필름의 제충 · 제초효과

## 제 1 절 서론

짚이나 건초를 깔아 부초하는 방법 등에 의해서 작물이 생육하고 있는 입지의 표면을 피복해 주는 것을 멀칭이라고 하며, 최근 비닐이나 플라스틱 필름의 보급이 일반화 되어 이들을 멀칭의 재료로 많이 이용하고 있으며 멀칭에 의한 효과는 다음과 같다

### 1. 토양의 건조방지

토양표면의 토양입자가 조밀하고 다져져 있으면 하층의 모관과 연결되어 토양수분이 모관을 통해 지표면으로 상승하여 증발하므로 건조가 심해진다. 멀칭을 하면 토양층의 모관수류는 유통이 단절되고 멀칭한 곳의 공기습도가 높아 증발이 억제되고 토양의 건조를 방지한다.

### 2. 지온의 조절

여름에는 지면을 멀칭하면 열의 복사가 억제되어 토양온도의 과도한 상승을 막을 수 있으며 겨울에는 지온을 상승시켜 작물의 월동을 돕고 서리의 피해를 막을 수 있다. 봄의 저온기에는 비닐과 같은 투명한 재료로 멀칭하므로써 지온을 상승시킬 수 있으므로 이른 봄의 축성재배 등에 이용된다.

### 3. 토양의 침식방지

멀칭을 하면 빗방울이 직접 땅에 부딪히는 것을 막으므로 토양의 구조를 그대로 보존하는데 효과가 크다.

### 4. 잡초의 발생억제

잡초의 종자에는 호광성(好光性)인 종자가 많으며 그렇지 않은 종자라도 대개 종자가 작고 저장양분이 적어서 멀칭을 하면 잡초종자의 발아를 억제하고 발아를 하더라도 빛을 쬐지 못하여 고사하게 된다. 또한 이미 발생한 잡초라도 멀칭을 하면 광

이 제한되어 잡초의 생육을 억제한다.

우리나라 노지재배 멀칭필름 이용면적은 227천ha, 비닐사용량 22천톤에 달한다. 조기재배시 지온상승 및 보온효과와 더불어 제초노력절감, 토양수분보존 및 토양침식방지 효과가 있어 피복자재로 투명 PE를 이용하고 있다. 그러나 멀칭재료로 투명 비닐을 이용할 경우 흑색비닐보다 정식초기의 지온을 2~3℃정도 높여 주지만, 흑색 비닐의 경우는 고온기 때에 투명비닐보다 지온상승을 방지할 수 있으며, 재배중의 잡초발생을 억제하는 효과가 있다.

허 등은 고반사성 알루미늄 증착필름인 Neopolysine(일본 日立 콘덴서 주식회사) 및 태양 #65S(일본 本州製紙社)과 고밀도 폴리에틸렌 섬유로 된 스팸본드의 Tyvek 1422 A(미국 듀폰사)의 3종류를 이용, 절화류의 생육, 수량 및 품질향상을 위하여 스프레이 국화에 시험한 결과 생육초기부터 초장 및 엽수의 증가가 현저하였고 영양생장기 및 생식생장기에서의 생체중 및 건물중도 큰 폭으로 증가하였으며, 절화장 및 절화중도 큰 폭으로 증가하여 반사필름 멀칭에 의해 동일면적에서 고품질 절화의 수량비율이 증가한다고 하였다.

약광기인 동절기에 토마토에 반사필름 멀칭과 북측면의 반사판을 설치하여 수량이 증수되고 품질이 향상되었는데, 이는 엽의 기공밀도의 증가로 활발한 증산, 광합성 작용으로 체내의 물질대사나 성장에 영향을 주고 그 결과 간접적으로 무기성분의 흡수나 분배에 영향을 주어 생육 및 수량 등이 양호했다.

반사필름 멀칭으로 화훼류 중 카네이션, 스프레이국화, 글라디올러스, 유스토마의 생육, 수량 및 품질을 향상시켰고, 과수류 중에서는 복숭아, 사과, 포도, 배, 밀감, 감에서 과실착색촉진, 숙기촉진, 당도향상, 산도감소, 지온저하 등의 효과가 보고되었다.

이와 같이 원예작물에서 반사필름의 이용은 단열, 차광 및 반사를 이용하여 고온기에 지온을 조절하고 과실류의 착색을 촉진하며 저온기에 단열효과, 그리고 진딧물의 기피 등에 의한 수량 및 품질향상을 위해 사용되어 왔다. 이 반사필름은 기온, 지온, 조도, 토양수분, 습도조절 등 환경조절이 가능하며 이에 따른 식물생육의 변화 즉 수량의 증가, 과실의 착색 및 당도 증진, 숙기촉진 및 잡초방제 등 많은 효과를 나타내고 있다.

또한 온실 등 시설 내에서 구조재의 광선차단, 피복재의 광선 반사 또는 흡수, 피복재의 오염과水滴에 의한 광선의 반사 또는 흡수 등으로 노지에 비해 공량이 크게 감소하며 광분포도 불균해진다. 이같은 불리한 광환경의 개선을 위해 보광을 하거나 반사필름을 이용하여 시설내의 광량을 적극적으로 높여주는데 이용되기도 한다.

그러나, 지금까지의 반사필름에 대한 국내 연구 결과는 멀칭재료로 알미늄 반사 필름(두께 0.07mm)과 복측면 반사판(두께 0.1mm)의 알미늄이 부착된 필름을 토마토 포장에 이용하여 상세한 광질분석은 하지 않았으나 어떤 특정 반사파장이 온실가루이의 행동에 이상을 가져와 온실가루이의 기피효과가 있었다는 것 외에는 모두 생육 촉진이나 수량증수 효과에 치중하였다.

일본에서는 광에 의한 해충의 행동억제, 기피작용을 이용한 근자외선 반사필름과 광반사시트를 이용하여 노지채소나 과수의 총채벌레류 피해를 경감시킬 수 있다고 보고하였다. 차에 있어서는 옥묘시 근자외선 반사필름(미라네스크) 멀칭으로 볼록총 채벌레 피해 경감효과가 있었다.

대부분의 진딧물류는 가시광선 중에서 특히 황색에 유인되는 특성이 강하며 멀칭 으로부터 반사되어지는 단파장광이 착륙기피 요인으로 되어 있다. 이런 특성을 이용하여 반사필름 멀칭에 의해 진딧물 등 해충의 기피효과로 인한 바이러스 방제효과도 보고되었다. 최근에는 물리적 방제의 일환으로서의 근자외선 제거필름(UVA필름)을 이용한 해충 기피효과와 해충의 천적을 이용한 생물학적 방제를 동시에 이용하는 연구가 이루어지고 있다.

## 제 2 절 멀칭필름의 제충 및 제초 효과

### 1. 시험 방법 구축 및 평가 방법 확립

#### 가. 시험방법 구축

##### 1) 대상작물

가) 고추(금탑고추): 본원포장(노지 재배) : 4.26(멀칭), 5.6 (정식)

안양포장(하우스 재배) : 5.10(멀칭 및 정식)

나) 오이(백봉다다기오이): 하우스 재배, 5.19 (멀칭 및 정식)

2) 대상해충 및 측정항목 : 진딧물류, 온실가루이, 작물 생육 및 잡초 발생상황

가) 진딧물류 및 온실가루이의 경시적 밀도조사

- Yellow sticky trap(8×15cm)의 진딧물 및 온실가루이 포획량  
: 6.11~6.28

- 고추 진딧물 발생조사 : 신초당 발생밀도, 엽당 발생밀도

나) 고추 생육상황 조사 : 6월 17일 (정식 40일후)

3) 시험재배지 : 본원 시험포장(고추, 오이) 및 안양 농가포장(고추)

4) 멀칭필름 시료: 반사멀칭필름 시제품 3%(A3) 2 layers, 5%(A5) 2 layers, 3%(A5) 1 layer, 일본산 멀칭필름(MI), 국산 KO 멀칭필름(KO) 및 국산 배색필름(BW)

#### 나. 시험결과

##### 1) 고추



가) Yellow sticky trap당 진딧물밀도의 경시적 포획량

시료명	경시적 진딧물 포획량 (마리/트랩)					
	6.11~ 6.14	6.14~ 6.18	6.18~ 6.21	6.21~ 6.24	6.24~ 6.28	계
A3 2-layers	57	325	411	281	181	1255 ab
A5 2-layers	35	267	350	208	142	1002 a
A3 1-layer	99	392	421	235	182	1392 b
MI	76	372	357	232	181	1218 ab
KO	82	268	358	224	171	1103 ab
BW	85	234	377	262	177	1135 ab

\* DMRT at 5% Level

나) 고추 생육 및 진딧물밀도

시료명	고추생육 (정식40일후)		진딧물 발생밀도(6월 22일)		
	초장(cm)	경경(mm)	엽당밀도 (본원노지포장)	신초당 밀도	
				본원노지 포장	안양하우스포장
A3 2-layers	72.3 b	11.5 ab	6.9 a	3.9 a	6.5 ab
A5 2-layers	72.8 b	12.1 b	12.9 ab	5.7 a	-
A3 1-layer	72.0 b	11.4 ab	30.8 c	8.9 a	-
MI	65.5 a	11.2 a	9.2 a	6.5 a	-
KO	71.7 b	11.2 a	11.5 a	5.4 a	6.2 a
BW	72.4 b	11.3 ab	9.8 a	7.7 a	12.8 c

\* DMRT at 5% Level

2) 오이

가) yellow sticky trap 당 진딧물 및 온실가루이의 경시적 포획량 (하우스)

처리내용	진딧물(#1) 포획량(마리/트랩)				온실가루이(#2) 포획량(마리/트랩)		
	6.11 ~ 6.16	~ 6.21	~ 6.26	계	6.16 ~ 6.21	~ 6.26	계
A3 2-layers	53	21	48	122	6	12	18
A5 2-layers	37	29	13	79	6	5	11
A3 1-layers	27	12	28	67	1	9	10
MI	15	14	15	44	3	10	13
KO	20	12	17	49	5	12	17
BW	31	17	27	75	3	6	9

다. 평가 및 고찰

고추시험포장에서의 황색점착트랩에 의한 진딧물 포획량은 A3(시제품 3%) 1 layer가 다른 시료에 비하여 가장 많았다. A3(시제품 3%) 2 layers, A5(시제품 5%) 2 layers, MI(미라네스크), KO 필름, BW(배색필름)들간에는 뚜렷한 차이가 없었으나, A5(시제품 5%) 2 layers에서는 다소 적게 나타났다. 오이 포장에서의 황색점착 트랩에 의한 진딧물(#1)과 온실가루이(#2) 포획량은 시료간에 차이가 있었으나, 어떤 뚜렷한 경향을 찾기는 어려웠다. 고추 포장에서의 진딧물 엽당밀도는 A3(시제품 3%) 1 layer에서 많았고, A3(시제품 3%) 2 layers, A5(시제품 5%) 2 layers, 미라네스크, KO 필름, 배색필름들간에는 뚜렷한 차이가 없었다. 그렇지만, 진딧물의 경우는 MI, KO, BW가 비교적 양호한 편이었고, 온실가루이의 경우는 A5 2layer와 A3 1 layer가 다소 적게 나타났다(Figure 31, 32). 고추 작물의 진딧물과의 상관성은 뚜렷하지 않아 trap의 진딧물 수와 실제 작물 잎에서의 진딧물 수의 상관성은 유의하였다. 신초당 밀도조사 결과에서는 시료간에 현저한 차이가 없었으나, 안양 하우스

포장에서는 배색필름에 비해 A3(시제품 3%) 2 layers과 KO 필름에서 적게 나타났다.

작물생육상황은 고추의 경우 MI(미라네스크) 필름에서 초장이 떨어지는 경향이나 (Figure 28-30), 큰 유의성은 없는 것으로 생각되며 계속 검토가 필요한 것으로 생각되었다. 오이의 경우 달관조사 결과 필름 종류간에 차이가 없는 것으로 판단되었다. 한편, 시제품 필름은 3%, 5% 모두 추비사용시 필름상처 부분이 손상되는 경우가 있었다.

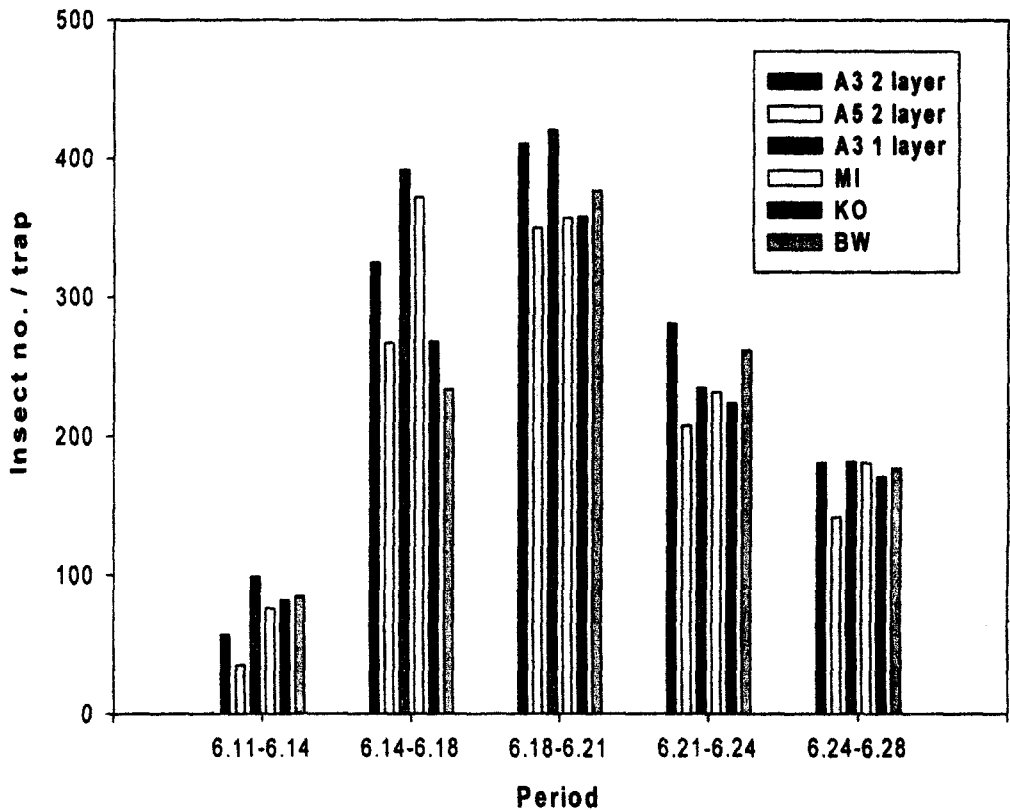


Figure 28. Insect number per a trap versus period measured in a cayenne cultivation using various mulching films.

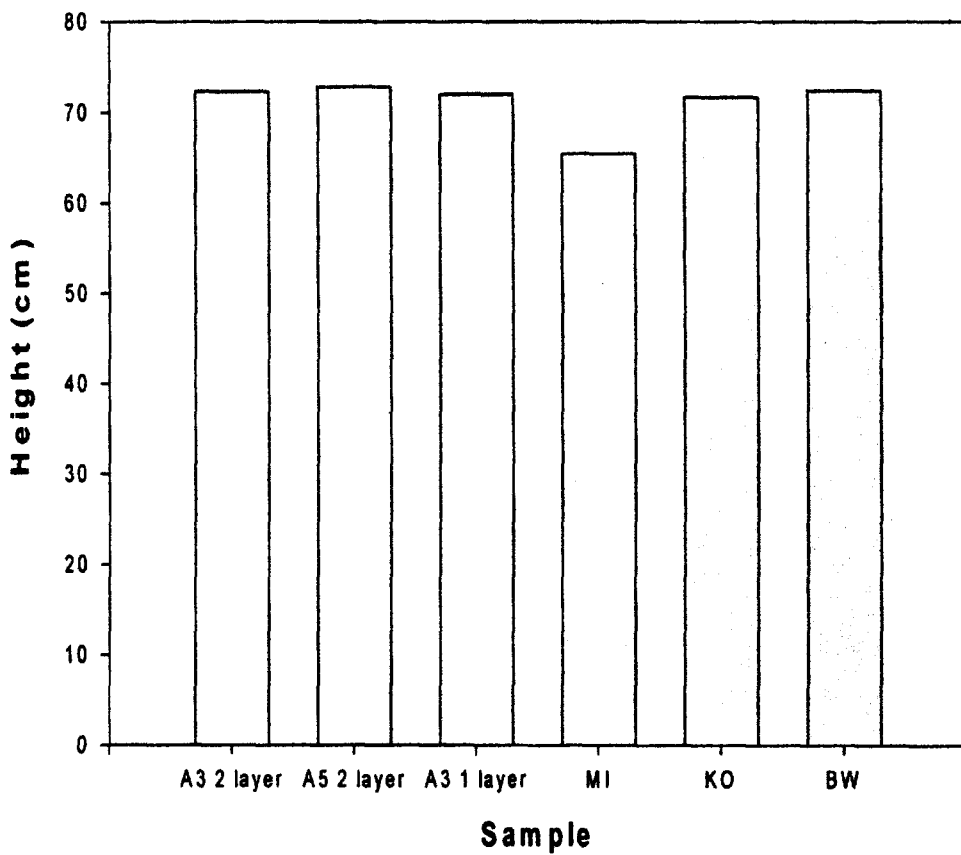


Figure 29. Height of a cayenne plant measured in 40 days after growth.

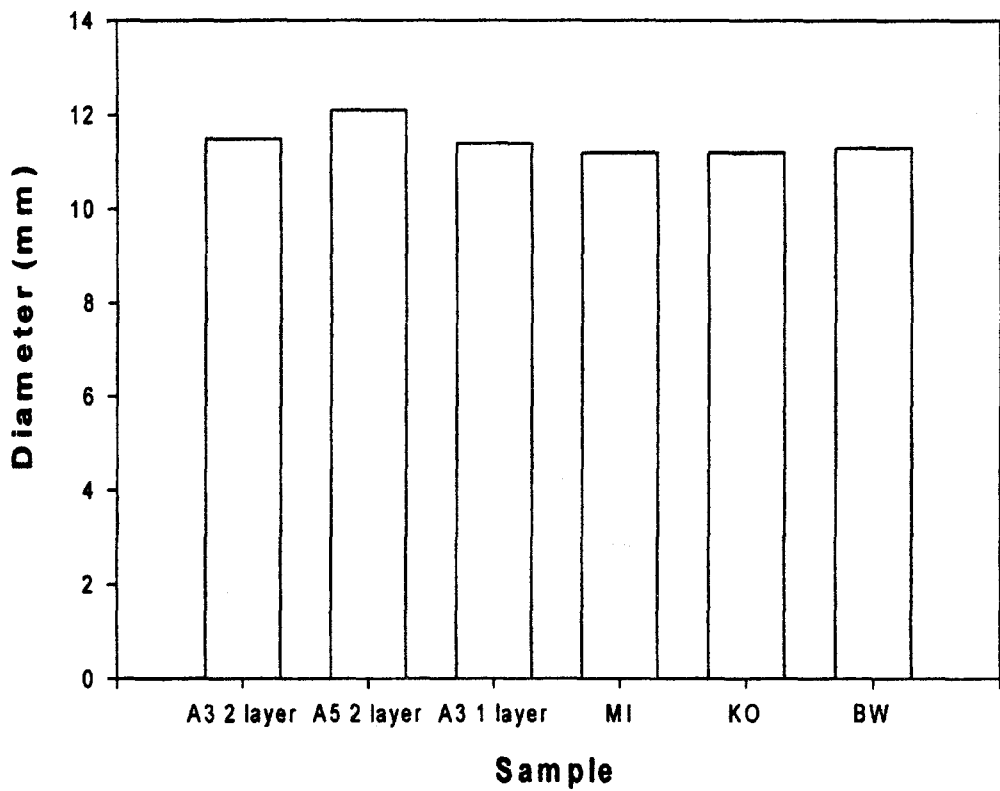


Figure 30. Stem diameter of a cayenne plant measured in 40 days after growth.

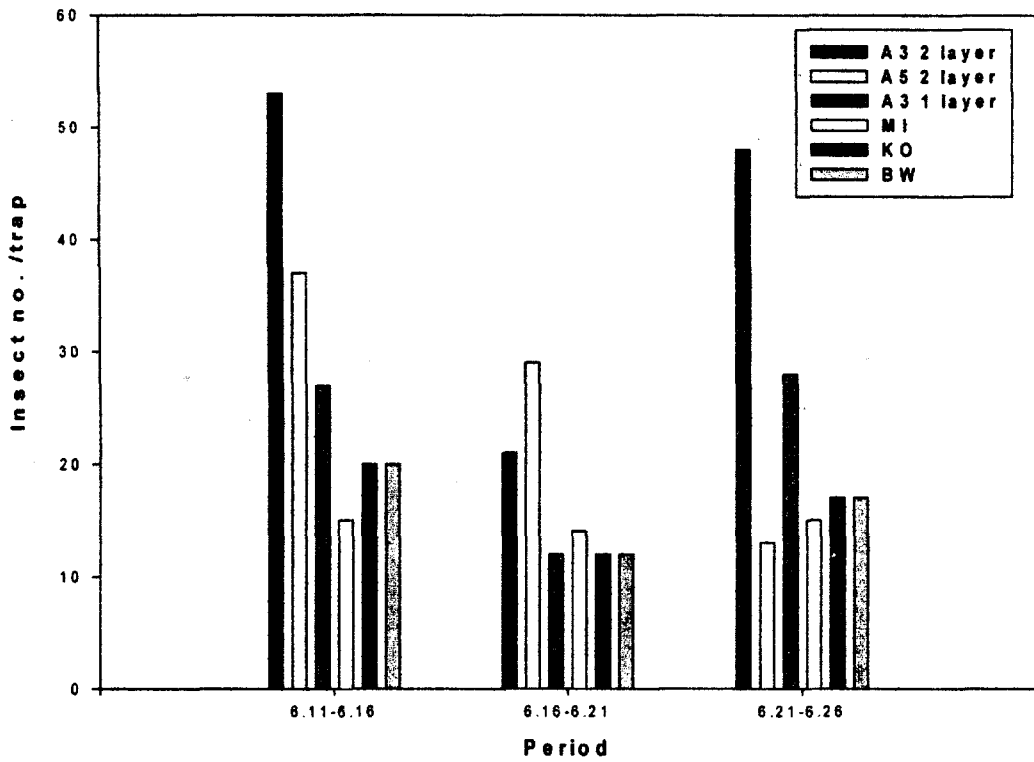


Figure 31. Insect number per a trap versus measured in a cucumber cultivation using various mulching films.

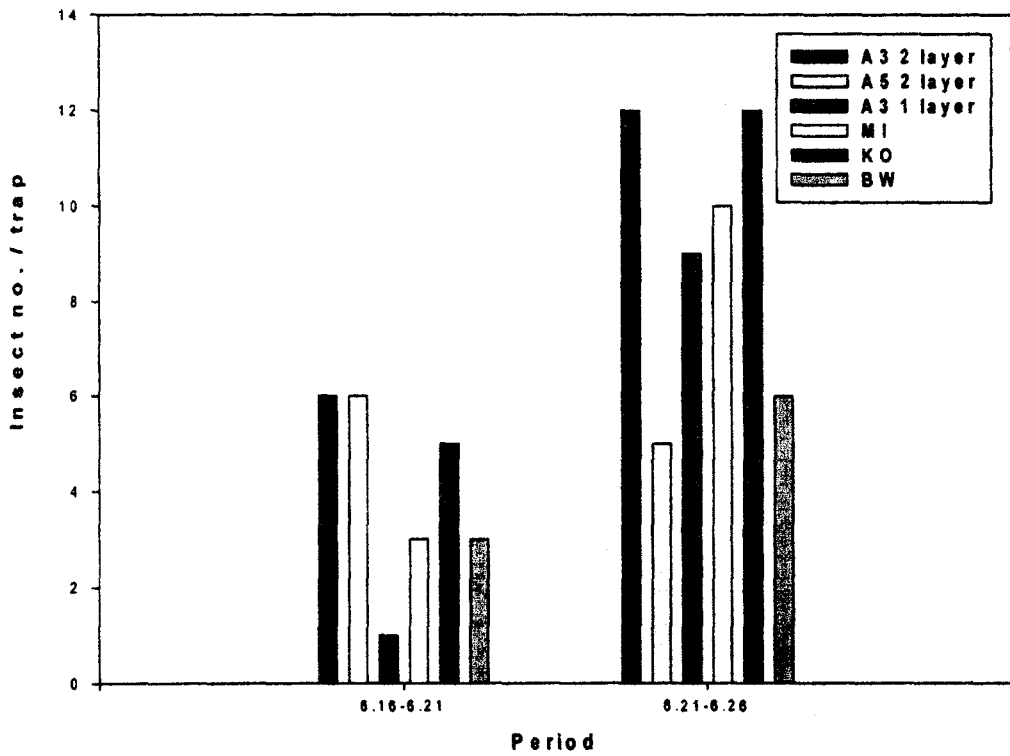


Figure 32. Insect number(#2) per a trap versus period measured in a cucumber cultivation using various mulching films.

## 2. 멀칭필름의 제충·제초효과

1차년도에서 확립한 멀칭 필름 시제품의 성능 평가 방법에 따라 당해연도에서 제작한 제충·제초 멀칭 필름 2차 시제품을 이용하여 1999년 가을에는 배추 및 강남콩의 시험포장과 2000년 봄, 여름 기간에는 고추(금담고추), 배추(고냉지 여름배추), 강남콩(강남콩 1호)의 시험포장을 수행하였다. 우선 1999년 가을에 수행한 실험은 C3, C5, white, K0, 및 미라네스크 5종의 필름과 비교용으로 배색필름과 멀칭필름을 사용하지 않은 무피복 등 총 7 가지에 대해서 배추 및 강남콩 포장시의 2차 시제품에 대한 제충·제초 효과를 평가하였다. 표 14에서 보이는 것과 같이 yellow sticky trap 당 해충 밀도는 진딧물의 경우 C3 와 C5 필름의 경우 각각 2 마리와 12.3 마리 정도였고, white 필름은 8.7, 미라네스크 9.0, K0 필름은 12.7, 배색필름은 40, 그리고 무피복시의 경우는 무려 65.7 마리의 진딧물 밀도를 나타내었다. 따라서 시제품 C3 필름의 경우가 가장 우수한 해충 기피 효과를 갖는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 배추에 발생하는 virus 병인 TuMV 이병주율의 경우 시제품 3가지와 K0, 미라네스크 필름 모두 3% 이하의 낮은 이병주율을 나타낸 반면 배색 필름은 8.5%, 무피복의 경우는 무려 82.2%의 높은 발생율을 보였다. 또한 잡초 발생량도 시제품을 포함한 5가지의 경우 잡초가 발생하지 않았지만, 배색 필름은 26.7 그리고 무피복의 경우는 무려 646.7g/m<sup>2</sup>라는 높은 잡초 발생량을 나타내었다. 따라서 본 성능 실험 결과를 볼 때 전반적으로 C3 및 C5 필름이 여타의 기존 경쟁 필름 및 일반 필름에 비해서 매우 우수한 제충·제초 효과를 갖는 것을 확인할 수 있었다.

한편 제충·제초 멀칭 필름이 배추 생육에 미치는 영향을 조사하기 위해서 생육 초기 및 수확기에 배추의 크기 및 무게를 조사하였고 아래의 표에 결과를 요약하였다. 표 15에서 보이는 바와 같이 생육 초기의 엽장은 C5 필름이 가장 우수하였고, 엽폭 또한 우수하였다. 엽수에서는 white 필름과 K0 필름이 우수하였으나 나머지 시제품들도 이와 거의 유사하였고, 무피복에 비해서는 월등히 우수하였다. 또한 수확시 배추의 포기당 무게인 구중에서는 C3 필름이 3.7kg으로 가장 우수하였고, 상품수량 또한 C3 필름이 7,644kg/10a로서 무피복에 비해서는 약 27% 이상의 수확량 증가를 나타내었다. 따라서 이러한 결과를 종합하여 볼 때 당해연도에 제작한 C3 필름이 전반적으로 낮은 해충 밀도와 우수한 작물크기 및 수확량을 갖는 것으로 확인되었다.



Table 14. 배추포장에서의 멀칭필름 2차 시제품 및 비교 제품들의 병해충 발생 및 잡초 발생량

	Yellow sticky trap당 진딧물 밀도(9.13~9.21)	TuMV 이병주율 (%)	잡초발생량 (생체중 g/m <sup>2</sup> )
시제품 3%(C3)	2.0a	1.9	0
시제품 5%(C5)	12.3a	2.6	0
시제품 유백색(White)	8.7a	1.9	0
미라네스크(MI)	9.0a	2.9	0
KO 필름(KO)	12.7a	3.0	0
배색필름(BF)	40.0b	8.5	26.7
무피복	65.7c	82.2	646.7

\*DMRT at 5% level

Table 15. 배추포장에서의 반사 멀칭 필름 2차 시제품 및 비교 제품들의 배추 생육 결과표

	생육 초기 (정식15일후)			수확기 (정식70일후)	
	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽수(개)	구중(kg)	상품수량 (kg/10a)
시제품 3%(C3)	24.2	17.2	11.7	3.7	7,644(127)
시제품 5%(C5)	24.4	16.8	11.8	3.4	7,327(122)
시제품 유백색(White)	24.1	16.4	12.2	3.3	7,112(119)
미라네스크(MI)	24.1	16.3	11.8	3.5	7,543(126)
KO 필름(KO)	24.2	17.0	11.9	3.3	6,818(114)
배색필름(BF)	20.7	14.5	10.8	3.3	6,597(110)
무피복	16.4	11.8	9.6	2.7	5,999(100)

Table 16. 강남콩에서의 반사 멀칭 필름 2차 시제품 및 비교 제품들의 yellow sticky trap 당 해충밀도

	해충 밀도	
	진딧물(9.13~9.21)	총채벌레(9.13~10.21)
시제품 3%(C3)	6.0 a	121.3 b
시제품 5%(C5)	9.3 ab	74.7 a
시제품 유백색(White)	6.3 a	125.0 b
미라네스크(MI)	9.7 ab	118.7 ab
KO 필름(KO)	33.7 b	114.3 ab
배색필름(BF)	11.0 ab	81.0 ab
무피복	21.3 ab	82.0 ab

한편 강남콩을 이용한 2차 시제품의 시험포장 결과는 상기의 표 16과 같다. 시험 결과 강남콩 포장에서의 황색 점착 트랩에 의한 진딧물 포획량은 KO 필름과 무피복에 비해 C3, C5, white, 미라네스크, 배색 필름에서 적었으며, 총채벌레 포획량은 모두 무피복에 비해 비슷하거나 다소 많았다.

봄과 여름에 2차 시제품을 이용하여서 고추(금탑고추), 배추(고냉지 여름배추), 강남콩(강남콩1호)의 시험포장을 실시하였다. 조사된 대상 해충은 진딧물 및 총채벌레 등이었고 이때 비교 평가된 필름은 C3, C5, white, 미라네스크 등 4가지와 비교용으로 배색 필름과 멀칭 필름을 사용하지 않은 무피복 등 총 6가지를 사용하였다. 조사 항목으로는 진딧물 및 총채벌레 밀도, 작물 생육 및 잡초 발생상황, 및 지은 변화를 조사하였다. 시험결과 Table 17에서 보이는 바와 같이 C3 및 C5 필름의 경우 초장은 각각 68.8 및 71.6cm 이었고, 경경은 11.2 및 11.4mm로 white, 미라네스크 등에 비해서 월등히 우수하였고, 배색 필름과 무피복에 비해서도 매우 우수하였다.

한편 진딧물 발생밀도의 경우에도 C3, C5 필름은 엽당 마리수가 9.8 및 9.0 마리에 불과하였으나 유백 및 미라네스크 필름은 29.3 및 28.6 마리라는 높은 진딧물 밀도를 나타내었다. 특히 무피복의 경우에는 49.2마리/엽이라는 매우 높은 진딧물 밀도를 나타내었다.

Table 17. 고추 포장에서의 반사 멀칭 필름 2차 시제품 및 비교 제품들의 고추 생육 및 진딧물 발생 밀도

처 리 명	고추생육 (정식50일후)		진딧물 발생밀도(마리/엽) (6월21일 조사)
	초장(cm)	경경(mm)	
시 제 품 3%	68.8	11.2	9.8 a*
시 제 품 5%	71.6	11.4	9.0 a
시제품 유백색	59.0	9.6	29.3 c
미 라 네 스크	60.4	9.9	28.6 c
배 색 필 림	67.0	10.6	20.4 b
무 피 복	51.7	8.3	49.2 d

\* DMRT at 5% Level

배추 시험 포장에서 yellow sticky trap 당의 해충 밀도 및 잡초 발생량을 Table 18에 나타내었다. 진딧물의 경우 C3 및 C5 필름은 28.0 및 20.7 마리를 나타내었으나 유백 및 미라네스크는 36.0 및 39.3 마리로 이보다 높은 수치를 나타내었다. 특히 무피복 필름은 57.3 마리라는 거의 2배정도 높은 진딧물 수를 나타내었다. 총채벌레 및 배추좀나방의 경우도 C3, C5 필름이 기타 멀칭 필름에 비해서 훨씬 낮은 해충 밀도를 갖는 것으로 확인되었다. 한편 잡초 발생량은 배색 필름과 무피복의 경우를 제외하고는 잡초가 발생되지 않았다.

Table 18. 배추 포장에서의 반사 멀칭 필름 2차 시제품 및 비교제품들의 해충밀도 및 잡초 발생량

처 리 명	Yellow sticky trap 당 해충밀도			잡초발생량 (생체중 g/m <sup>2</sup> )
	진딧물 (5.17~6.10)	총채벌레 (5.10~6.10)	배추좀나방 (5.24~6.10)	
시제품 3%	28.0 b	65.7 ab	7.3	0
시제품 5%	20.7 a	61.0 a	9.7	0
시제품 유백색	36.0 c	107.0 cd	10.3	0
미라네스크	39.3 c	89.3 bc	12.7	0
배색필름	27.0 ab	95.7 cd	8.3	38.4
무피복	57.3 d	120.3 d	13.0	209.6

\* DMRT at 5% Level

또한 배추 생육결과 Table 19에서 보이는 바와 같이 C3, C5 필름의 경우 다른 필름에 비해서 대체로 구고와 구폭이 우수하였고 구중 또한 각각 1.9 및 2.1kg으로 가장 무거웠다. 최종적으로 상품수량 또한 C3, C5 필름의 경우가 3,999 및 4,421kg으로 가장 우수한 수확량을 나타내었다.

Table 19. 배추 포장에서의 반사 멀칭 필름 2차 시제품 및 비교 제품들의 배추 생육 결과표

처 리 명	구고 (cm)	구폭 (cm)	구중 (cm)	상품수량(kg/10a)
시 제 품 3%	25.0	15.6	1.9	3,999
시 제 품 5%	27.7	15.6	2.1	4,421
시제품 유백색	26.0	15.6	1.7	3,579
미 라 네 스크	26.2	15.9	1.9	3,925
배 색 필 림	24.2	13.6	1.6	3,022
무 피 복	22.7	13.7	1.1	2,200

한편, 강남콩을 이용한 시험포장 결과 Table 20에서 보는바와 같이 C3, C5 필름의 경우 진딧물 발생 밀도는 0.8, 0.7 마리였고 이는 다른 경쟁 제품에 비해서 동등의 수준이었고 배색 필름 및 무피복에 비해서는 월등히 우수하였다.

Table 20. 강남콩 포장에서의 반사 멀칭 필름 2차 시제품 및 비교 제품들의 진딧물 발생 밀도(DMRT at 5% Level)

처 리 명	진딧물 발생밀도 (마리/엽) (6월 8일 조사)
시 제 품 3%	0.8 a
시 제 품 5%	0.7 a
시제품 유백색	0.7 a
미 라 네 스 크	0.9 a
배 색 필 림	1.8 b
무 피 복	8.1 c

따라서, 제 3 세부과제에서 작물을 이용한 제충·제초 field test 결과 C3, C5 필름 2차 시제품이 다른 경쟁 제품에 비해서 전반적으로 우수한 제충·제초 효과 뿐 아니라 우수한 수확량을 얻을 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다.

한편, 3차년도 시험에서 공장규모로 제조한 멀칭필름에 대한 field test를 고추(금탑고추)와 배추(고냉지여름배추) 재배에 대하여 제충 및 제초효과를 조사하였다. 표 22와 24에 그 결과가 잘 나타나 있다. 여기서 각 명칭은 다음과 같다: 시제품 I (3%, 대안화학 제조), 시제품 II (5%, 대안화학 제조), 시제품 III (기존 3%, 대안화학 제조)이다. 배추포장에서 황색점착트랩에 의한 진딧물 포획량은 필름처리구가 무피복구보다 적었으며, 그중 시제품II 처리구가 가장 낮게 유지되는 경향이 있었다. 배추에서 복숭아혹진딧물 발생은 모든 필름처리구가 무피복구보다 적었고, 시제품 I 과 시제품II 처리구가 가장 적었으며, 알록토기는 모든 필름처리구에서 발생이 적었다. 무름병은 무피복구 발병주율 1.0%에 비해 모든 필름처리구가 3.0~8.6%로 많이 발병하였으며, 잡초는 배색 필름 이외의 필름처리구에서는 발생하지 않았다. 배추 생육은 무피복구에 비해 각 필름처리구에서 증가하였다.

표 22. Yellow sticky trap당 복숭아혹진딧물 경시적 밀도

처리내용	복숭아혹진딧물 포획량 (마리/트랩)						
	5.8~ 5.11	5.11~ 5.15	5.15~ 5.18	5.18~ 5.22	5.22~ 5.25	5.25~ 5.29	계
시제품 I	0.3	<u>0.7</u>	<u>5.0</u>	<u>15.3</u>	<u>13.7</u>	<u>25.3</u>	60.3 a
시제품 II	1.3	<u>0.0</u>	<u>9.0</u>	<u>13.3</u>	<u>9.0</u>	<u>19.0</u>	51.7 a
시제품 III	0.7	4.7	<u>5.7</u>	<u>15.0</u>	<u>8.7</u>	<u>21.7</u>	56.3 a
KO 필름	0.0	4.0	<u>2.3</u>	<u>15.5</u>	<u>10.3</u>	35.3	67.5 a
배색 필름	0.7	6.7	16.3	<u>11.3</u>	<u>10.3</u>	<u>16.7</u>	62.0 a
무 피복	0.7	4.0	15.7	24.7	14.3	29.7	89.0 b

\* DMRT at 5% Level

표 23. 주요 병해충 발생 및 잡초발생량

처리명	해충별 엽당 밀도(5월17일)		무름병 (발병주율, %)	잡초발생량 (생체중, g/m <sup>2</sup> )
	복숭아혹진딧물	알록토기		
시제품 I	<u>1.9</u> a	<u>1.7</u> a	5.0	0
시제품 II	<u>1.3</u> a	<u>2.0</u> a	4.0	0
시제품 III	2.2 ab	<u>0.8</u> a	4.1	0
KO 필름	4.7 bc	<u>3.5</u> a	8.6	0
배색 필름	5.5 c	<u>3.6</u> a	3.0	15.9
무피복	10.8 d	13.1 b	<u>1.0</u>	251.7

\* DMRT at 5% Level

표 24. 초기생육 및 수확기 생육

처 리 명	초기생육 (정식 20일후)			수확기생육 (정식 42일후)		
	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽수	구고(cm)	구폭(cm)	구중(g)
시 제 품 I	19.8	17.4	12.5	28.7	15.7	1,828
시 제 품 II	20.8	18.1	12.1	29.5	16.9	2,161
시 제 품 III	20.4	17.4	11.7	29.4	15.8	1,871
K O 필름	18.9	16.3	12.1	29.4	16.2	1,908
배 색 필름	19.7	17.2	11.7	30.3	17.1	2,171
무 피 복	17.5	16.3	10.8	29.1	15.2	1,583

표 25와 표 26은 고추 작물에 대한 field test 결과를 나타낸 것이다. 고추포장에서 5월 8일부터 5월 29일까지 황색점착트랩을 이용하여 진딧물 포획량을 조사한 결과, 시제품II 처리구는 전 조사기간 동안 포획량이 가장 적었으며, 시제품I과 시제품III 처리구에서는 무피복구보다 5월 18일 이후로 포획량이 적었다. 고추에서 진딧물 발생밀도는 생육초기(5월 27일)는 모든 필름처리구가 적었으나, 생육중기(6월 23일)에는 시제품I, II, III 처리구가 적었으며, 생육은 무피복구에 비해 모든 필름처리구에서 증가하였다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때 본 연구개발에서 제조한 멀칭 필름의 제충 및 제초효과는 상당히 유효하였으며 특히 3%와 5%의 반사제를 함유한 2-layer 멀칭필름이 가장 최적의 조건을 가졌음을 알 수 있었다.

표 25. Yellow sticky trap당 목화진딧물 경시적 밀도

처리내용	진딧물 포획량 (마리/트랩)						계
	5.8~ 5.11	5.11~ 5.15	5.15~ 5.18	5.18~ 5.22	5.22~ 5.25	5.25~ 5.29	
시제품 I	0.7	2.3	7.3	7.0	9.0	10.7	37.0 ab
시제품 II	0.0	0.3	3.0	15.0	4.3	8.0	30.7 a
시제품 III	0.3	1.3	8.0	11.0	7.0	12.7	40.3 ab
KO 필름	1.7	0.0	3.0	16.7	6.7	25.3	53.3 c
배색 필름	1.0	0.7	3.0	22.7	4.7	13.0	45.0 bc
무피복	3.3	0.7	4.3	25.0	12.7	32.3	78.3 d

표 26. 목화진딧물 엽당 밀도 및 고추 생육

처리내용	진딧물 발생밀도(마리/엽)		고추생육 (정식55일후)	
	5월 27일	6월23일	초장(cm)	경경(mm)
시제품 I	0.6 a	2.0 a	97.3	15.3
시제품 II	0.9 a	1.4 a	95.8	14.8
시제품 III	1.0 a	1.3 a	99.4	14.5
K O 필름	1.1 a	9.8 c	95.3	14.4
배색 필름	1.3 a	5.8 b	95.0	14.4
무 피 복	2.7 b	11.8 d	76.2	12.0

\* DMRT at 5% Level



## 제 6 장 결 론

제충효과를 갖는 UV 반사 첨가제인 Tismo-D를 이용하여서 폴리에틸렌 수지와와의 혼련을 통한 멀칭 필름을 제조하였고, 이에 대한  $R_A/R_B$  값과 물성을 조사하였으며, 실제 field test를 통하여 제충 및 제초효과를 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1-layer 필름의 경우,  $R_A/R_B$  값은 Tismo-D 3wt%에서 1.25의 최대값을 가졌고 제충효과를 갖기 위한  $R_A/R_B$  값은 1.4 보다 작았다. 그러나, 윗면의 빛 반사층과 아랫면의 빛 차단층으로 구성되어 있는 2-layer 멀칭필름을 제조한 결과, 빛반사율비의 값이 1.4보다 훨씬 크게 나타나 우수한 제충효과를 가질 수 있음을 알 수 있었다.
2. Tismo-D 함유 필름 및 벌크 시편에 대한 실험으로부터 Tismo-D 기준 3-5wt%에서 최적 기계적 물성을 확인할 수 있었다. 결과적으로, Tismo-D 5%의 2-layer 필름이 가장 우수한 광반사 특성을 가질 수 있으며 가장 효과적인 해충접근방지효과를 나타낼 것이라는 것을 예상할 수 있었다.
3. 고추(노지) 포장에서의 황색점착트랩에 의한 진딧물 포획량은 시제품 5% 2-layer가 가장 적었다. 고추 포장에서의 필름종류별 잡초발생 억제 효과는 시제품 3% 1-layer 멀칭필름에서만 잡초가 발생하였고 시제품 3% 2-layer와 시제품 5% 2-layer에서는 잡초발생이 없었다.
4. 배추포장에서의 황색점착트랩에 의한 진딧물 포획량은 시제품 3%에서 가장 적었다. 필름종류별 바이러스 이병주율은 무피복에 비하여 필름처리구에서 모두 낮았다. 강낭콩 포장에서의 황색점착트랩에 의한 진딧물 포획량은 시제품 3%와 시제품 5% 모두 적었으며 총채벌레 포획량은 필름처리구 모두 무피복에 비하여 비동하거나 다소 많았다.

5. 고추포장에서 황색점착트랩을 이용하여 진딧물 포획량을 조사한 결과, 시제품 II(2차 시제품) 처리구는 전 조사기간동안 포획량이 가장 적었으며 시제품 I과 시제품 III(1차 및 3차 시제품) 처리구에서는 무피복구보다 포획량이 적었다. 고추에서 진딧물 발생밀도는 생육초기는 모든 필름처리구가 적었으나 생육중기에는 시제품 I, II, III 처리구가 적었으며 생육은 무피복구에 비하여 증가하였다.
6. 강남콩을 이용한 시험포장 결과 광반사제 3%와 5%의 멀칭필름의 경우 진딧물 발생 밀도는 다른 경쟁 제품에 비해서 동등의 수준이었으나, 배색 필름 및 무피복에 비해서는 월등히 우수하였다.
7. 최종적으로, 본 연구개발은 제충·제초효과를 갖는 멀칭필름을 성공적으로 제조할 수 있었으며 이에 대한 제조기술도 확보할 수 있게 되었다.

## 참고문헌

1. S. Kitamura, *U. S. Patent*, 4,826,729 (1989).
2. S. Kitamura, *U. S. Patent*, 4,920,692 (1990).
3. I. M. Schalk, C. S. Creighton, R. L. Ferry, W. R. Sitterly, B. W. Davis, T. L. McFadden, and A. Day, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104, 759 (1979).
4. M. Terashi, *U. S. Patent*, 5,532,043 (1996).
5. S. Fawcett, *U. S. Patent*, 4,794,726 (1989).
6. 北村周治, *Jap. Patent*, 62-265927 (1987).
7. K. Huh, K. Kim, and T. Yamaguchi, *J. Agri. Sci.*, 36, 422 (1994).
8. K. Huh and K. Kim, *J. Korean Soc. Hort. Sci.*, 36, 263 (1995).
9. K. Huh, H. Cho, C. Bang, J. Sang, D. Goo, Y. Kim, and B. Kim, *J. Agri. Sci.*, 38, 503 (1996).
10. *Plastics Science*, 56 (1998).
11. *Plastics Science*, 80 (1995).
12. 達本純三, *Jap. Patent*, 53-117547 (1978).
13. R. A. Bolomey and L. M. Greenstein, *J. Paint Technology*, 44, 39 (1971).
14. W. A. Schneider, *U. S. Patent*, 4,332,100(1982).
15. C. J. Phalaugas, *U. S. Patent*, 4,740,369(1988).
16. M. Heselev, *British Patent*, 1, 568, 936 (1980).
17. 尾村章, *Jap. Patent*, 61-159435 (1986).
18. 尾村章, *Jap. Patent*, 60-75215 (1985).
19. 針木勇喜男, *Jap. Patent*, 58-170415 (1983).
20. 후쿠시아 노부오, *대한민국 특허 공고*, 83-2485 (1983).
21. Y. Honda, *植物防疫*, 36, 17 (1982).
22. *한국공업규격*, M-3503 (1988).
23. *한국공업규격*, M-3031 (1980).
24. 木村碩志, *Jap. Patent*, 59-31702 (1984).
25. 元吉政後, *Jap. Patent*, 63-51301 (1988).

26. 松井光男, *Jap. Patent*, 64-19011 (1989).
27. 細川和彦, *Jap. Patent*, 54-40146 (1979).
28. 原澤勇, *Jap. Patent*, 58-101625 (1983).
29. I. M. Schalk, C. S. Creighton, R. L. Ferry, W. R. Sitterly, B. W. Davis, T. L. McFadden, and A. Day, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104, 759(1979).
30. J. H. Briston JH, "Plastics films", New York, John Wiley & Sons, Inc., 1988.
31. D. Zhang, P. C. Quantick, *J. Horticultural Sci. & Biotechnology*, 73(6), 763 (1998)
32. J. M. Schalk, C. S. Creighton, R. L. Fery, W. R. Sitterly, B. W. Davis, T. L. McFadden, A. Day, *J Amer Soc Hort Sci* , 104(6), 759 (1979)
33. L. A. Utacki, T. V. Khanh, "Multicomponent polymer systems": In Miles IS, Rostami S, Editor, New York: John Wiley & Sons, Inc., p. 207-268, 1992
34. S. Asai, M. Sumita, *J. Macromol. Sci.-Phy.*, B34(3), 283.(1995)
35. D. Peiffer, S. D. Hong, R. S. Stein, *J. Polym. Sci.*, 13, 1945 (1975)
36. T. Kunugi, S. Oomori, P. Mikami, *Polymer*, 29, 814 (1988)
37. L. Mandelkern, R. G. Alamo, "Physical properties of polymers handbooks". In Mark JE, Editor, New York, American Institute of Physics, p. 123, 1996
38. B. E. Tiganis, R. A. Shanks, Y. Long, *ANTEC 96 Society of Plastics Engineers*, 2, 1744 (1996)
39. A. Valadez-Gonzalez, J. M. Cervantes-Uc, L. Veleva, *Polymer Degradation & Stability*, 63, 253 (1999)
40. Y. Nakamura, Y. Fukuoka, T. Iida, *J. Appl. Polym. Sci.*, 70, 311 (1998)
41. L. E. Nielsen, *J. Appl. Polym. Sci.*, 10, 97 (1966)
42. D. Mahoney, E. V. Merwall, *J. Polym. Sci. Polym. Phys.*, 31, 1029 (1993)
43. 조일환, 김완순, 허노열, 권영삼. 1997. 반사필름멀칭이 토마토의 기공특성, 증산속도, 광합성속도에 미치는 영향. 생물생산시설환경학회지. 6(4):292-298
44. 허건양, 김기선, 山口 陸. 1994. 시설재배에 있어서 반사필름멀칭이 스프레이국화의 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향. 농업과학논문집. 36(1):422-429.

45. 이준석, 이종형. 2000. 1999년도 시험연구사업보고서. 경기도농업기술원 pp.79-83
46. 石原 邦, 倉石 晋, 田崎忠良, 橋本 康. 1986. 水環境と植物. pp.147-193.
47. 稻田勝美. 1984. 光と植物生育-光選擇利用の基礎と應用-. 養賢堂. pp.415
48. 宮崎康宏, 千葉恒夫. 1997. 關東病虫研報. 44:225-227

## 부록 1. 국내외 전문학술지 발표 논문 및 특허

1. Ultraviolet reflective and mechanical properties of polyethylene mulching films, *European Polymer Journal*, 37, 1227 (2001)
2. 제충효과를 갖는 농업용 멀칭필름의 기계적 물성 및 모폴로지에 관한 연구, *한국섬유공학회지*, 37, 455 (2000)
3. 광반사 첨가제가 폴리에틸렌 필름의 광학적, 열적 및 역학적 성질에 미치는 영향, *한국섬유공학회 추계학술발표회 논문집*, 381 (1999)
4. UV 반사특성을 이용한 원예용 폴리에틸렌 멀칭 필름의 제조와 제충효과에 관한 연구, *한국고분자학회 연구논문초록집*, 25, 249 (2000).
5. 제충 및 제초 기능을 갖는 폴리에틸렌 멀칭 필름, 대한민국 특허출원, 출원번호 제2000-54015호, 출원일자 2000년 9월 14일



## Ultraviolet reflective and mechanical properties of polyethylene mulching films

Jae Whan Cho <sup>a,\*</sup>, Kyung Sik Woo <sup>a</sup>, Byoung Chul Chun <sup>b</sup>, Jong Shin Park <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Department of Textile Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, South Korea

<sup>b</sup> Department of Polymer Engineering, The University of Suwon, Kyonggi 445-743, South Korea

<sup>c</sup> Department of Natural Fiber Science, Seoul National University, Suwon 441-744, South Korea

Received 14 March 2000; received in revised form 5 September 2000; accepted 21 September 2000

### Abstract

In order to assign the insect-repelling property to the mulching films for horticultural applications, low density polyethylene (LDPE) films were prepared by incorporating ultraviolet (UV) reflective additive (Tismo-D) in a melt-extruder. Not only their reflective characteristics but also their mechanical properties were investigated as a function of additive content. The comparison of optical properties between single and two layer films was also made.

Single layer films containing Tismo-D showed a distinctive reflective behavior over a range of a wavelength from 300 to 800 nm compared with pure LDPE film. With the additive content, UV reflectance increased and showed a maximum peak near the wavelength of 430 nm. Film of 5% Tismo-D content had the highest characteristic ratio, which was defined as a ratio of peak reflectance at UV region to reflectance at 500 nm. The characteristic ratio of two layer film in which a carbon black-filled film was laminated was larger than that of single layer film. It was above the critical value which is 1.4 and has been accepted as a criterion to have insect-repelling effect. However, any changes in reflectance spectra due to polymer crystallization were not found, indicating that UV reflectance might not be dependent on the polymer properties. On the other hand, the tenacity and elongation-to-break of single layer films decreased with the additive content, but tensile modulus increased due to stiffening effect of the additive. Consequently, it was proposed that two layer film with 5% Tismo-D content was the most effective for the purpose of insect-repelling action. © 2001 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

**Keywords:** Polyethylene film; UV reflective additive; Light reflectance; Mechanical property; Insect-repelling effect

### 1. Introduction

Researches on the functional films having specific mechanical, electrical, or optical properties have been considerably increased in recent years because of wide applications in the industrial fields ranging from electronics to agriculture [1,2]. The uses of polymer films to agriculture and horticulture have been also continuously

expanded, for example, in the fields of water conservation, disease and pest control.

Many efforts have been devoted to obtain insect-repelling effects in horticulture. Up to present, agricultural chemicals have been generally used to repel insects. However, the problems are in that insects are getting resistance to the chemicals after a certain time period and hence other chemicals having stronger insecticidal activity must be developed. As an alternative method, aluminum-deposited film [3] has been used for the same purpose, but it also entails unfavorably high costs and is not suitable for covering houses or tunnels because of lower light permeability notwithstanding its high light reflectivity. Therefore, the development of functional

\* Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3513; fax: +82-2-457-8895.

E-mail address: jwcho@kkuc.konkuk.ac.kr (J.W. Cho).

films having insect-repelling property may lead to a potential application. It is because the insect-repelling films are flexible, inexpensive, environment-friendly, and are able to be easily processed. Such films can be obtained by incorporating specific compounds having ultraviolet (UV) reflective property into the film [4–6]. According to Kitamura et al. [5], the films composed of polymer and reflective additive had a characteristic reflective spectrum or a reflective spectrum peak in a UV region of a wavelength less than 400 nm. Particularly, the peak characteristics associated with reflective spectra have been known to have a significant insect-repelling effect.

Properties of films with the additives are generally affected by various factors such as a kind of additive, a content of additive, a kind of polymer, and processing methods [7,8]. As the polymers for agricultural and horticultural use, low density polyethylene, high density polyethylene, ethylene-vinyl acetate copolymer, and propylene vinyl chloride copolymer are often used. As the reflective additives, some inorganic compounds such as titanate compounds containing potassium, calcium, magnesium, and barium, and zirconium compounds containing zirconium have been known. Among many factors, it is very important to know the optimum composition of additive in order to make films having the most reflective characteristics. On the other hand, since the UV reflecting films for horticulture are usually used in single or two layer form combined with another functional film such as carbon black-filled film, it is necessary to understand the effect of laminated layer on the reflective properties.

In this paper, effects of additive content on reflectance and mechanical properties of single layer film are investigated, and reflective characteristics between single layer films and two layer films are also compared.

## 2. Experimental

Polymer used in this study was low density polyethylene (LDPE, Hanwha Chemical Co., Korea), and UV reflective additive was Tismo-D (Otsuka Chemical Co., Japan), potassium titanate whisker ( $K_2O \cdot 8TiO_2$ ) of which diameter is 300 nm and length is 300–600 nm.

Prior to the film extrusion, LDPE master-chips containing 15% Tismo-D by weight were prepared by using co-rotating type extruder, and were washed with water and were completely dried in an oven at 80°C. Single layer films were prepared by mixing and melt-extruding LDPE master-chips and pure LDPE chips by using ATLAS melt-extruder having a slit die of thickness 0.5 mm and width 19 mm. The extrusion was carried out at the extrusion temperature of 230°C, extrusion rate 5.04–7.4  $cm^3/min$ , and at the winding speed of 70–90  $cm/min$ . The additive content in films was varied as 0%, 3%, 5%,

10%, and 15% by weight. Thickness of single layer films obtained was about 0.08 mm. Two layer films were also prepared by laminating a single layer containing Tismo-D and a carbon black-filled layer of 10% by weight.

UV reflectance spectra of films were obtained in a range of 200–800 nm using UV/VIS spectrophotometer (UVICON 942, Kotron Instrument). Thermal analysis was performed with a TA 2010 differential scanning calorimetry (DSC) at a heating rate of 10°C/min, and the melting temperature and heat of fusion were obtained from the DSC endothermic curve. Stress-strain curves were obtained at room temperature using an Instron 4468 tensile tester operating at a crosshead speed of 55  $cm/min$ . Each sample was tested at least five times to provide assurance of good data reproducibility. X-ray diffraction measurements were carried out by Rigaku Rinter 2100 Series using  $CuK_\alpha$  radiation.

## 3. Results and discussion

Fig. 1 shows the X-ray diffraction curves of single layer films with various additive contents. Except pure Tismo-D powder, all the samples showed sharp X-ray peak near  $2\theta = 21.4^\circ$  and  $23.5^\circ$  due to diffraction at (110) and (200) planes of LDPE crystals, respectively [9,10]. Diffraction peaks at  $2\theta = 31.0^\circ$  and  $34.5^\circ$  are characteristic of crystalline Tismo-D compounds. However, no significant changes in crystal structure and lattice distance of LDPE were found. Fig. 2 shows the effect of composition on the melting temperature and the crystallinity for single layer LDPE films. The melting temperature of LDPE was nearly constant with the additive content. The percent crystallinity ( $\Psi$ ) was calculated from the heat of fusion in DSC curve as follows:

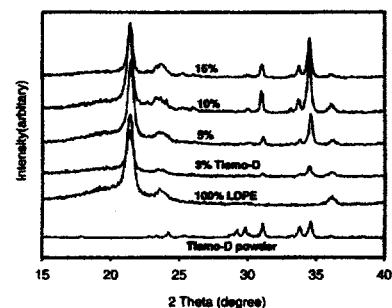


Fig. 1. X-ray diffractograms of single layer films with various additive contents.



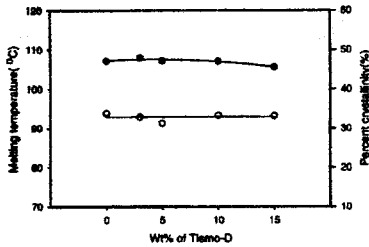


Fig. 2. Melting temperature (●) and percent crystallinity (○) of single layer films versus wt.% of Tismo-D.

$$\Psi = (AH_m / \omega \Delta H_m^0) \times 100 \quad (1)$$

where  $\Delta H_m$  is the experimental value of heat of fusion,  $\Delta H_m^0$  is an equilibrium value of heat of fusion for completely crystalline LDPE, and  $\omega$  is the weight fraction of LDPE in film. A value of 295.8 J/g [11] was used for  $\Delta H_m^0$ . Using this equation, the crystallinity of LDPE did not change significantly with the additive content. It indicates that the presence of Tismo-D does not affect the LDPE crystallization. It was ascribed that because of a quite large particle size of Tismo-D filler, compared with the molecular size of LDPE, the additive was not able to play a role of a nucleating agent which was often seen in polymer composite system [12].

Fig. 3 shows the UV/VIS reflectance of single layer films. Pure LDPE film showed a reflectance lower than 20% over the wavelengths ranging from 200 to 800 nm, and the reflectance was nearly constant with the wavelength except a small peak around 220 nm. The small reflectance peak around 220 nm is due to a band asso-

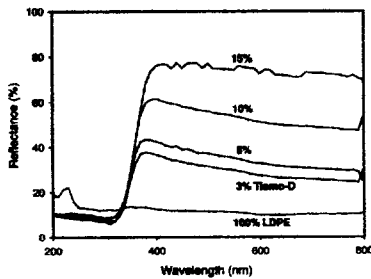


Fig. 3. UV/VIS reflectance of single layer films with various additive contents.

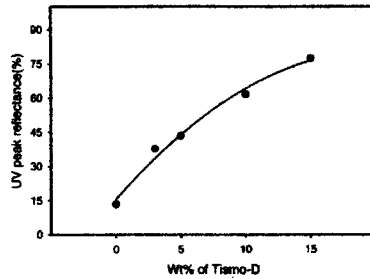


Fig. 4. UV peak reflectance of single layer films versus wt.% of Tismo-D.

ciated with spectral characteristics of some oxidation in LDPE. However, as Tismo-D was added to LDPE, it nearly disappeared. It was regarded to be because Tismo-D acted as a role of a kind of antioxidant in LDPE [13]. In case of films incorporating Tismo-D, their reflectance spectra ranging from 300 to 500 nm were considerably different from those of pure LDPE film. Reflectance of films containing additive began to increase at the wavelength of about 300 nm and had a maximum peak at the wavelength near 400 nm. The relation between the reflectance at maximum peak and Tismo-D content is shown in Fig. 4. The UV peak reflectance increased with increasing additive content.

However, it has been reported that UV reflectance itself does not influence significantly on the insect-repelling effect [5,6]. The characteristic ratio, which was defined as a ratio of the UV peak reflectance to reflectance at visible region of 500 nm, has been accepted as an important measure to evaluate the insect-repelling effect [5]. Fig. 5 shows the characteristic ratio of single layer films as a function of additive content. The characteristic ratio increased initially with the additive content but decreased afterwards. That is, at 5% Tismo-D content, the characteristic ratio showed a maximum. However, this value was still lower than 1.4 which was known to be a critical value for having insect-repelling effect.

On the other hand, it is necessary to know whether the characteristic ratio is dependent on the additive content or on the polymer properties. Thus, the films of 5% and 10% Tismo-D were annealed at various temperatures and the effect of polymer crystallization on the reflectance was investigated. Fig. 6 shows the characteristic ratio of films versus annealing temperature. The characteristic ratio of films did not change with the annealing temperature. The annealed film of 5% Tismo-D showed the higher characteristic ratio than annealed

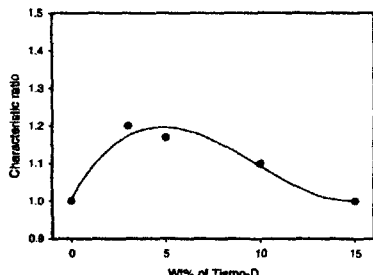


Fig. 5. Characteristic ratio of single layer films versus wt.% of Tismo-D.

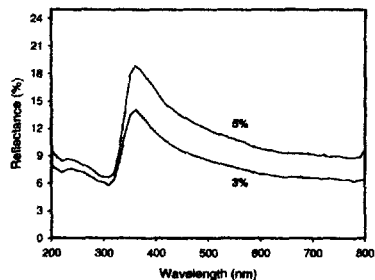


Fig. 7. UV/VIS reflectance of two layer films incorporating 3% and 5% Tismo-D versus wavelength.

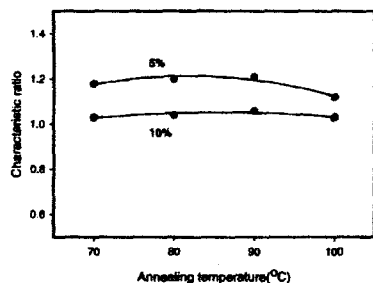


Fig. 6. Characteristic ratio of single layer films incorporating 5% and 10% Tismo-D versus annealing temperature.

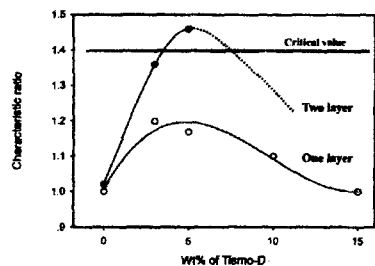


Fig. 8. Characteristic ratio of single layer (●) and two layer (○) films versus wt.% of Tismo-D.

sample of 10% Tismo-D. Therefore, it was found that the characteristic ratio was not dependent on the polymer crystallization but on the additive content.

Two layer films containing 3% and 5% additives were prepared since the samples having such a composition indicated good reflectance. Fig. 7 shows the reflectance spectra for the two layer films. Two layer films also shows maximum peak reflectance near 400 nm, which is pretty similar to that of single layer film. The characteristic ratios for single and two layer films were compared with each other as a function of additive content (Fig. 8). For the same additive content, the characteristic ratio of two layer films was higher than that of single layer films. Particularly, the characteristic ratio of two layer films having 5% Tismo-D was 1.47, which is quite higher than 1.4. By this it means that the contribution of carbon black-filled film to reflectance is significant. In the case of two layer films, the light transmitted through

the layer of additive film may be re-reflected and therefore the total reflectance may be increased. Consequently, two layer film was found to be more effective to the insect-repelling action.

Fig. 9 shows the typical stress strain curves for various single layer films incorporated with Tismo-D particles. Such a mechanical behavior is representative of ductile polymers. Incidentally, the stress increased almost linearly with the strain and then reached a yield stress. The yield strains at about 2% were almost the same for all samples. After the yield point, the samples were elongated at different rate until the breaking point was reached. Fig. 10 shows the breaking stress and elongation-to-break of single layer films as a function of the additive content. The tenacity decreased with the additive content. The film of 10% Tismo-D lost about 10% in tenacity compared with the pure LDPE film. However, the elongation-to-break decreased more

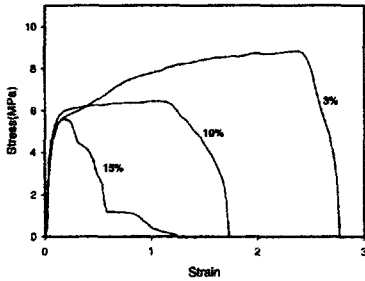


Fig. 9. Typical stress strain curves of single layer films with various Tismo-D contents.

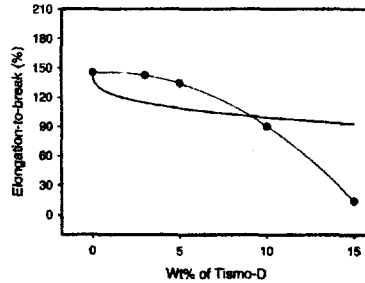


Fig. 11. Theoretical curve (—) from the Eq. (2) and experimental curve (●) for elongation-to-break of single layer films versus wt.% of Tismo-D.

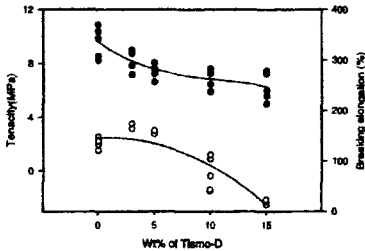


Fig. 10. Tenacity (●) and elongation-to-break (○) of single layer films versus wt.% of Tismo-D.

sharply. When the applied stress approached the yield stress, the particles/LDPE interfaces seemed to be delaminated and the particles might act as voids or defects [14]. After all, the voids initiated the fracture of the sample and as a result, the elongation-to-break decreased with the additive content.

If there is good adhesion between polymer matrix and filler, and if the fracture path tends to go from particle to particle rather than giving a perfectly smooth fracture surface, the following equation may be introduced [15].

$$e_B = e_B^0 (1 - \Psi_2^{1/3}) \quad (2)$$

where  $e_B$  and  $e_B^0$  are the elongation-to-breaks of the filled and unfilled polymers, respectively, and  $\Psi_2$  is the volume fraction of the filler. This equation indicates a large decrease in elongation-to-break that could be brought about by even small amounts of fillers. As shown in Fig. 11, the elongation-to-break due to Eq. (2) decreased

more rapid initially than the experimental value. However, after a certain point, the experimental curve for the elongation-to-break decreased more sharply. It might be ascribed to the decrease of molecular mobility in LDPE molecules due to the incorporation of relatively high amounts of fillers [16].

Fig. 12 shows the modulus of single layer film as a function of wt.% of Tismo-D. Unlike the tenacity and elongation-to-break, the modulus increased significantly with the additive content. This is probably due to the stiffening effect of additive in polymer matrix. This increase in the modulus with the introduction of rigid filler may be expressed in various ways, however, the following Eq. (3) is often used to describe the experimental data more precisely [17].

$$E_p = E_p (1 + 2.5\Psi_2 + 1.4\Psi_2^2) \quad (3)$$

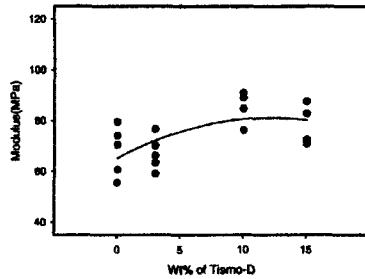


Fig. 12. Modulus of single layer films versus wt.% of Tismo-D.

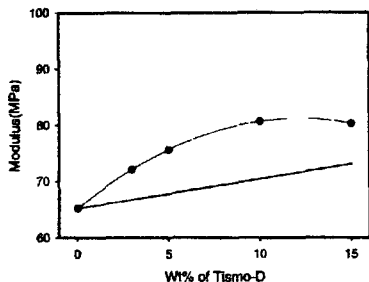


Fig. 13. Theoretical curve (—) from the Eq. (3) and experimental curve (---●) for modulus of single layer films versus wt.% of Tismo-D.

where  $E_p$  and  $E_f$  are the moduli of the filled and unfilled polymers, respectively. In Fig. 13, it was noted that the modulus increase was higher in experiments than that predicted by Eq. (3). It could be attributed to a good adhesion at the interfaces of Tismo-D and LDPE molecules. Consequently, it was suggested that the samples incorporating Tismo-D less than 10% could possess the good mechanical properties and insect-repelling property.

#### 4. Conclusions

By investigating the reflectance of single and two layer films incorporating Tismo-D, the following conclusions were obtained.

With the additive content, UV reflectance of single layer films increased and showed a maximum peak at around 430 nm. The highest characteristic ratio was obtained from the film of 5 wt.% Tismo-D. The characteristic ratio of two layer film was higher than that of single layer film, and was above the critical characteristic ratio of 1.4 which has been used as a criterion to have insect-repelling effect. However, no significant changes in reflectance spectra due to polymer crystallization were found.

The tenacity and elongation-to-break of single layer films decreased with the additive content, but the tensile modulus increased due to the stiffening effect of additive. Consequently, it was suggested that two layer film incorporating 5% Tismo-D was the most effective to insect-repelling application.

#### Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge financial support from the Agricultural R&D Promotion Center, Ministry of Agriculture, Korea (grant no. 298028).

#### References

- [1] Briston JH. *Plastics films*. New York: Wiley; 1988.
- [2] Zhang D, Quantick PC. Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *J Hort Sci Biotech* 1998;73(6):763–7.
- [3] Fawcett S, Fawcett MS, Cullen DL. Aluminum flake mulch. US Patent no. 4794726, 1989.
- [4] Schalk JM, Creighton CS, Fery RL, Sitterly WR, Davis BW, McFadden JL, Day A. Reflective film mulches influences insect control and yield in vegetables. *J Am Soc Hort Sci* 1979;104(6):759–62.
- [5] Kitamura S, Nakae K, Kotani K, Kume T, Negawa H. Mulching film for repelling insect pests. US Patent no. 4920692, 1990.
- [6] Terashi M, Inoue M, Uijijima Y. Photoreflective sheet. US Patent no. 5532043, 1996.
- [7] Liacki LA, Khanh TV. Multicomponent polymer systems. In: Miles IS, Rostami S, editors. New York: Wiley; 1992. p. 207–68.
- [8] Asai S, Sumita M. Effect of interfacial energy and viscosity on percolation time of carbon black-filled poly (methyl methacrylate). *J Macromol Sci-Phys* 1995;B34(3):283–94.
- [9] Peiffer D, Hong SD, Stein RS. The elongation and time dependence of the crystallinity of low-density polyethylene. *J Polym Sci* 1975;13:1945–57.
- [10] Kunugi T, Oomori S, Mikami S. Preparation of ultra-high modulus polyethylene films by the zone-annealing method. *Polymer* 1988;29:814–20.
- [11] Mandelkern L, Alamo RG. Physical properties of polymers handbooks. In: Mark JE, editor. New York: American Institute of Physics, 1996. p. 123.
- [12] Tiganis BE, Shanks RA, Long Y. Nucleation of crystallization in filled polymer blends. *ANTEC'96 Soc Plast Engng* 1996;2:1744–9.
- [13] Valadez-Gonzalez A, Cervantes-Uc JM, Veleza L. Mineral filler influence on the photo-oxidation of high density polyethylene. 1. Accelerated UV chamber exposure test. *Polym Degrad Stab* 1999;63:253–60.
- [14] Nakamura Y, Fukuoka Y, Iida T. Tensile test of poly(vinyl chloride) filled with ground calcium carbonate particles. *J Appl Polym Sci* 1998;70:311–6.
- [15] Nielsen LE. Simple theory of stress strain properties of filled polymers. *J Appl Polym Sci* 1966;10:97–103.
- [16] Mahoney D, Merwall FV. Molecular mobility in rubbery composites: effect of filler particle size. *J Polym Sci Polym Phys* 1993;31:1029–39.
- [17] Zoppi R, Castro CR, Yoshida IVP, Nunes SP. Hybrids of SiO<sub>2</sub> and poly(amide 6-b-ethylene oxide). *Polymer* 1997;38:5705–12.

## 재층효과를 갖는 농업용 멀칭필름의 기계적 물성 및 모폴로지에 관한 연구

박종신\* · 조지환\*\* · 전병철†

수원대학교 고분자공학과, \*서울대학교 천연섬유학과, \*\*건국대학교 섬유공학과  
(2000. 4. 17. 접수)

### Mechanical Properties and Morphology of Insect Repelling Agricultural Mulching Film

Jong Shin Park\*, Jae Whan Cho\*\*, and Byoung Chul Chun†

Department of Polymer Engineering, The University of Suwon, Gyeonggi-do 445-743, Korea

\*Department of Natural Fiber Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

\*\*Department of Textile Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

(Received April 17, 2000)

**Abstract :** Agricultural polyethylene mulching film containing a UV reflective additive which is known to exhibit insect repelling ability was manufactured. By measuring UV reflectance ratio( $R_u/R_B$ ) which is known as a criterion for insect repellency, the optimum composition of mulching film was investigated. Also, the mechanical properties and the corresponding morphology of the above films were investigated. Tismo-D was used as a UV reflective additive and the composition of Tismo-D in prepared mulching film was varied from 0 to 10 wt%. Meanwhile, in order to investigate the reproducibility of the film for mechanical properties, bulk samples with the identical compositions were also prepared and their mechanical property and morphology were analyzed. The maximum  $R_u/R_B$  was obtained at 3 wt% Tismo-D, and maximum mechanical property were obtained at the same Tismo-D content.

## 1. 서 론

작물 재배시 지표면을 덮는데 사용되는 멀칭(mulching) 필름은 토양내의 습기를 유지하고, 지면의 온도 상승과 비료의 유실 방지를 위해서 주로 사용되고 있다. 그러나 이러한 멀칭 필름을 사용시 해충(harmful insects)에 의한 작물의 피해가 문제가 되고 있다. 따라서 이러한 해충에 의한 피해를 줄이기 위해서 해충 기피제, 살충제 등과 같은 농약을 사용하거나 해충을 유인하는데 효과적인 ferromone 또는 색 테이프 등을 이용하여서 해충을 잡는 방법이 이용되어 왔다[1]. 하지만 이러한 방법들은 모두 문제점을 갖고 있다. 예를 들어 농약의 사용은 장기간 사용할 때 이에 죽지않는 해충이 발생할 수도 있고 그리하여 더 강력한 효능을 갖는 새로운 농약의 개발이 필요하게 되어

서 이로 인한 인간에 대한 독성 증가 및 맹독성의 약물이 도양 등에 잔류하게 됨에 따라 2차적인 환경오염이 우려된다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 상기에 언급한 환경오염의 문제가 없이 해충들을 제거하기 위한 다른 방법들이 제시되었다[2,3]. 예를 들어 필름의 표면을 햇빛에 많이 반사되는 물질(예를 들어 알루미늄 중화 필름 등)로 커버시킨 후 지표면에 앉아서 날아오는 해충의 유입을 감소시키는 방법이 있다. 또한 비닐하우스나 터널을 낀 자외선을 차단시키는 필름으로 덮어서 해충으로부터 보호하는 방법이 있고 이중 일부는 이미 사용중이기도 하다[4-6]. 하지만 상기 방법 중에서 알루미늄 중화필름을 사용하는 방법은 높은 가격이 문제가 되고 게다가 높은 빛 반사율에도 불구하고 낮은 빛 투과율로 인해서 비닐하우스나 터널의 커버율으로는 적합하지 않다. 또한 멀칭용으로 사용할 때에도 지표온도가 다소 상승하기 때문에 이러한 성질은 소수 특정 작물 외에는 실용적이지 못하다. 게다가 비닐하

†To whom correspondence should be addressed.  
bcchun@mail.suwon.ac.kr

우스나 터널을 덮는 방법은 eggplant의 성장에 영향을 미치거나 꽃들의 색상에 영향을 미치기 때문에 적용시 많은 제약이 받는다. 또한 덜칭으로 사용할 때 해충 방지에는 별 효과가 없다.

이러한 관점에서 작물에 남아있어서 기생하는 해충들을 제거하고 재배 작물의 보호와 이에 따른 성장을 향상시키는 방법이 연구되어 왔다[7-9]. 그리하여 복잡한 무기 화합물에 의해서 반사되는 특정 파장의 자외선이 해충의 억제에 효과가 있는 것으로 알려졌고, 이러한 무기 화합물을 이용하여 우수한 해충제거(이하 제충으로 명명) 필름을 제조하는 방법이 알려졌다. 제충 필름은 제충효과만을 단독으로 이용하는 경우는 드물고, 대부분의 경우는 제충효과를 갖는 필름의 뒷면에 제충효과를 갖는 흑색 밀칭 필름을 붙여서 2-layer 필름으로 사용하는 것이 일반적이다. 이러한 제충, 제충 필름은 주로 80년대에 들어와서 일본의 회사들을 중심으로 개발되었고, 대표적인 회사로는 Sumitomo Chemical Industry, Mikado Chemical Industry, Nissan Chemical Industry, Nippon Liquid Crystal Company 등이 있다. 국내에서는 일신화학에서 의국회사로부터 기술을 들여와서 "KO 밀칭 필름"이라는 상표로 일부 생산을 하고 있는 실정이다. 이러한 제충 밀칭 필름은 이미 언급한 바와 같이 두개의 층(layer)으로 구성되는 데, 반사 필름층은 자외선 영역인 파장 400 nm 이하에서 반사 피크( $R_A$ )를 갖고, 가시광선 영역인 파장 500 nm에서의 가시광선 반사 피크( $R_B$ )와의 비(ratio)인  $R_A/R_B$ 가 1.4 이상이 되어야 제충효과를 갖는다고 알려져 있다. 또한 작물의 성장을 제거하기 위해서는 흑색 필름층을 뒷면에 가져야 한다[10].

따라서 본 연구에서는 상기에 언급된 특정 파장에서 자외선을 반사시켜서 제충효과를 부여할 수 있다고 알려진 무기화합물(일명 Tismo-D)을 이용하여서 필름 및 벌크 시편을 제조한 후 Tismo-D의 함량 변화에 따른 UV 반사율 비( $R_A/R_B$ ) 및 기계적 물성 변화, 이에 따른 모듈로지 변화율 체계적으로 조사하여서 향후 수행될 제충·세초 밀칭 필름 개발에 대한 기초 연구로서 최적 반사율을 가지는 빛 반사제의 조성 및 기계적 물성과의 관계를 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 재료

본 실험에 사용된 폴리에틸렌 수지는 상업용 저밀도 폴리에틸렌(연화중합화학, 5321)이고, 광 반사 특성을 갖는 무기화합물로는 Otsuka Chemical사의 Tismo-

D(potassium octatitanate whisker, whisker length: 10~20  $\mu\text{m}$ , diameter: 0.3~0.6  $\mu\text{m}$ )를 사용하였다.

### 2.2. 시편제조

폴리에틸렌과 Tismo-D를 이용하여 20 wt%의 Tismo-D 농도를 갖는 masterbatch를 제조하였다. 그후 상기 masterbatch를 이용해서 폴리에틸렌 수지와 섞으면서 Tismo-D 조성 변화에 따른 필름을 제조하였다. 필름 제조시 사용한 blown 필름 압출기는 유진공업사의 압출기를 이용하였고, screw diameter는 50 mm, 사용온도는 160~200  $^{\circ}\text{C}$ , screw speed는 60 rpm이었다. 최종적으로 제조된 밀칭 필름 조성은 Tismo-D의 함량이 0, 3, 5, 7, 10 wt%인 5가지였다. 또한 필름 제조와는 별도로 동일한 조성을 갖는 벌크 시편을 minimax mold를 이용하여 제조하였다. 이때 사용온도는 170  $^{\circ}\text{C}$ , screw speed는 40 rpm으로 5분동안 용융 혼련후 물드로 사출시켜서 제조하였다. 모든 사출 시편은 이후 60  $^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 동안 conditioning시킨후 기계적 물성을 측정하였다.

### 2.3. 기계적 물성 분석

인장강도 실험은 Lloyd Instrument사의 LR50K model을 이용하여 필름 및 벌크 시편을 ASTM D682 및 ASTM D638에 의거하여 실시하였고, 이때 gauge length는 25 mm, crosshead speed(test speed)는 50 mm/min로 유지하였다. 충격강도 실험은 ASTM D256에 의거하여 notched Izod 방법으로 Testing Machine Inc.(model: 43-02)의 기기를 이용하여 실시하였으며 평균값의 산출시 최소 5개 이상의 시편을 이용하였다. 인열강도 실험은 ASTM D1922에 의거하여 Toyo-Seiki사의 Elmendorf tearing tester를 이용하여 실시하였다.

### 2.4. 제조된 필름에 대한 빛 반사율 및 벌크 시편의 파단 모듈로지 분석

필름의 빛 반사율은 UV/VIS spectrophotometer (UVCON 942, Kotron Instrument)를 이용하여 측정하였으며, 사용된 빛의 파장은 300에서 800 nm까지이다. 측정 방법은 통상의 부과된 빛을 측정하는 대신 빛 반사 약세서리를 부착한 장치를 이용해서서 제조한 밀칭 필름상의 반사되는 빛 반사율을 조사하였다. 한편, 상기에서 제조한 Tismo-D 함유 폴리에틸렌 벌크 시편을 이용하여서 Tismo-D의 폴리에틸렌 매트릭스 내에서의 분상상태를 분석하였다. 먼저 시편을 액체 질소에 넣어 냉각후 파괴시키고, 파단 표면을 JROL사의 SEM (model: JSM-5200)을 이용하여 관찰하였다. 또한 충격

파단면에 대한 모듈로지 분석을 수행하였고, 이를 이용하여 기계적 특성과의 관계를 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Figure 1은 본 실험에서 제조된 Tismo-D 함유 멀칭 필름의 빛 반사율을 보여주고 있다. 그림에서 보여주

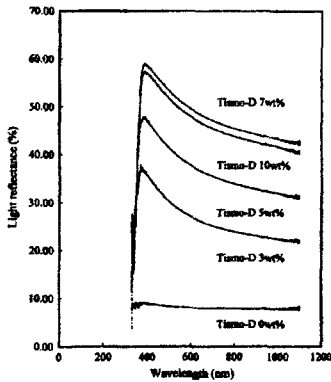


Figure 1. Percent light reflectance of polyethylene mulching films containing various amounts of Tismo-D.

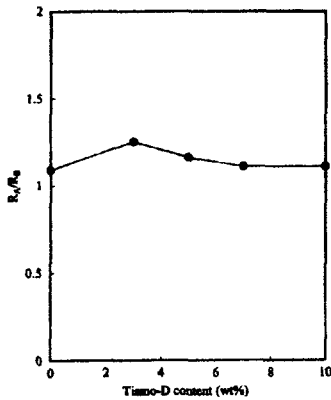


Figure 2.  $R_A/R_B$  values vs. Tismo-D content in polyethylene mulching film.

는 것과 같이 Tismo-D가 포함되지 않은 필름은 400 nm 이하의 파장에서 반사 피크를 거의 관찰할 수 없었던 반면에, Tismo-D 3 wt% 이상의 함량을 갖는 필름의 경우 반사 피크를 관찰할 수 있었다. 특히에 의하면 멀칭 필름이 재충 효과를 갖기 위해서는  $R_A/R_B$ 의 값이 1.4 이상이 되어야만 효과가 있다고 기록되어 있지만 본 실험의 경우는 Tismo-D 함량 3 wt% 필름이 1.25 정도의  $R_A/R_B$  값을 나타내었고 5 및 10 wt%에서는 1.11 정도의  $R_A/R_B$  값을 나타내었다(Figure 2). 이와 같이 특허에서 나온 기준인 1.4에 비해서 반사율이 떨어지는 것은 기존의 상업을 재충 제조 멀칭필름의 경우 빛면은 빛 반사층이고 아래면은 재충효과를 주기 위한 흑색 필름으로 구성되어 있는 2-layer 구조로 되어 있기 때문에 아래층의 흑색 필름에 의해서 빛층의  $R_A/R_B$  값이 더 큰 반면 본 실험에서 제조한 필름은 UV 반사층으로 이루어진 1 layer 필름이기 때문에 반사율 효과가 낮게 나온 것으로 판단된다. 따라서 2-layer 구조로 멀칭 필름을 제조시 상기 반사율은 증가할 것으로 예상된다. 지금까지의 빛 반사율 결과를 종합하면 Tismo-D 함량 3~5 wt% 정도에서 최대의  $R_A/R_B$  값을 갖는 것을 알 수 있었다.

Figure 3은 Tismo-D를 함유하는 멀칭필름의 인장강도를 보여주고 있다. 그림에서 보이는 것처럼 필름 시편의 경우 기계방향(machine direction), 횡방향(transverse direction)에 관계없이 Tismo-D 함량 3 wt%에서 최대 인장강도를 갖는 것을 보여주고 있다. 그러나 그 이상

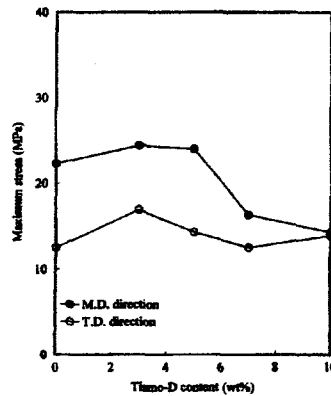


Figure 3. Maximum stress of LDPE films containing various amounts of Tismo-D.

의 함량에서는 인장강도가 기계방향으로는 급격히, 그리고 횡방향으로는 서서히 감소하는 경향을 나타내고 있다. 한편 기계방향으로의 최대 인장강도는 조사된 조성범위에 걸쳐서 횡방향에 비해서 우수한 것으로 나타났으며 기계방향에서 3 wt% Tismo-D 함유시 24.4 MPa의 최대값을 나타내었다. 이러한 결과는 필름제조 공정상의 과정을 고려하면 예상할 수 있는 결과이다. 본 업징필름은 blown 필름 압출기를 이용하여 제조되었으며, 제조 공정상에서 기계방향(필름이 나오는 방향)으로 연신이 이루어지는 것을 감안하면 사슬배향으로 인한 강도증가는 예상할 수 있다.

한편 Figure 4는 동일 필름의 파단신율을 나타내고 있다. 인장강도의 경우와 유사하게 파단신율도 기계방향, 횡방향 모두 Tismo-D 함량 3 wt% 정도에서 최대값을 나타내고, 그 이상에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나, 인장강도의 경우와는 반대로 횡방향에서의 파단신율 감소가 기계방향에 비해서 더욱 뚜렷하였고, 또한 횡방향에서의 파단신율이 기계방향에 비해서 매우 큰 것을 발견할 수 있었다. 횡방향 필름의 경우 Tismo-D 3 wt%에서 450% 이상의 파단신율을 나타낸 반면, 기계방향으로는 140% 정도에 불과하였다. 이는 최대 인장강도의 결과에서와 마찬가지로 필름 제조 공정상의 특성을 고려하면 쉽게 이해될 수 있다. 즉 필름제조시 기계방향으로의 연신이 이루어지기 때문에 동일방향으로의 인장강도는 증가하는 반면에 수직방향

인 횡방향에서는 상대적으로 낮은 연신으로 인한 더 큰 파단신율이 가능하게 된다.

Figure 5는 동일필름의 강인성을 나타내주는 파단시의 파괴일(work of rupture)을 보여주고 있다. 그림에서 보이는 것 같이 Tismo-D 3%에서 최대값을 보여주고 있고, 또한 횡방향으로의 파괴일이 기계방향에 비

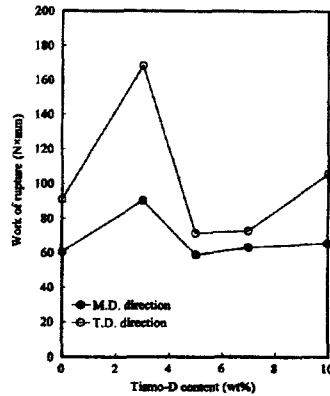


Figure 5. Work of rupture of LDPE film containing various amounts of Tismo-D.

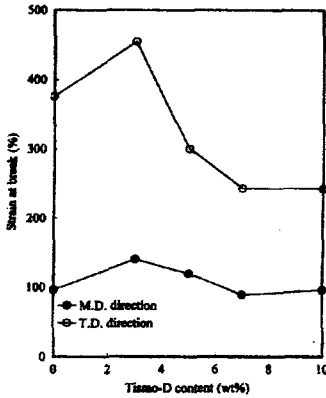


Figure 4. Percent strain at break of LDPE film containing various amounts of Tismo-D.

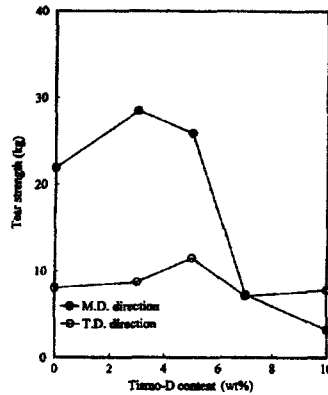


Figure 6. Tear strength of LDPE film containing various amounts of Tismo-D.



해서 큰 것을 알 수 있다. 이는 파괴일의 정의를 고려하면 쉽게 이해할 수 있다. 즉 파괴일은 용력-신도 곡선 내의 면적으로서 이전의 최대 인장강도 결과에서 기계방향으로의 값이 횡방향에 비해서 3 wt% Tismo-D에서 최대 1.5배 정도이었던 반면, 파단신율은 횡방향이 기계방향에 비해서 3배 이상의 증가를 보이기 때문에 이러한 결과는 당연히 예상할 수 있다.

Figure 6은 필름의 인열강도를 보여주고 있다. 인열강도의 경우 기계방향에서는 Tismo-D 함량 3 wt%에서, 횡방향의 경우 5 wt%에서 최대값을 나타내었으며, 각각 그 이상의 함량에서는 기계방향에서는 급격한 감소가, 횡방향에서는 완만한 감소가 발생하였다. 한편, 전반적으로 기계방향으로의 인열강도는 횡방향에 비해서 Tismo-D 함량 5 wt%까지는 2~3배 정도의 증가를 나타낸 반면, 그 이상의 함량에서는 큰 차이를 관찰할 수 없었다. 따라서 이상과 같은 인장 및 인열시험 결과를 종합하여 볼 때 필름 시편의 경우 대략 Tismo-D 함량 기준 3~5 wt%에서 최대의 기계적 물성을 갖는 것을 발견할 수 있었다.

한편 상기 필름 시편에서 얻어진 결과가 사출에 의한 벌크 시편에서도 재현성이 있는지를 확인하기 위해 사출 시편을 이용한 인장 및 충격 특성을 조사하였다. Figure 7은 Tismo-D를 함유하는 벌크 시편의 인장강도를 보여주고 있다. 그림에서와 같이 Tismo-D 함량 3~5 wt%까지는 인장강도는 큰 변화없는 완만한 증

가를 관찰할 수 있었고, 그 이상의 함량에서는 급격히 감소하였다. Figure 8은 동일 벌크 시편의 파단신율을 나타내고 있다. 마찬가지로 Tismo-D 기준 3~5 wt%에서 최대 파단신율을 관찰할 수 있었고, 그 이상의 함량에서는 급격히 감소하였다. 구체적으로는 Tismo-D

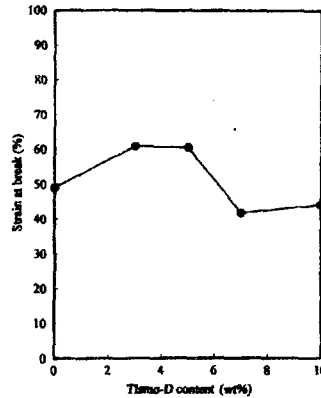


Figure 8. Percent strain at break of LDPE bulk specimen containing various amounts of Tismo-D.

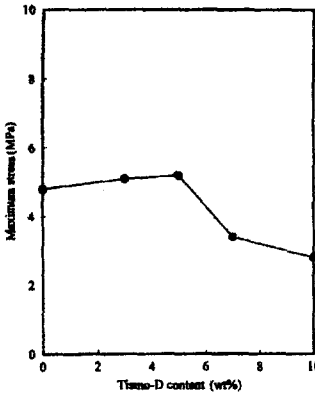


Figure 7. Maximum stress of LDPE bulk specimen containing various amounts of Tismo-D.

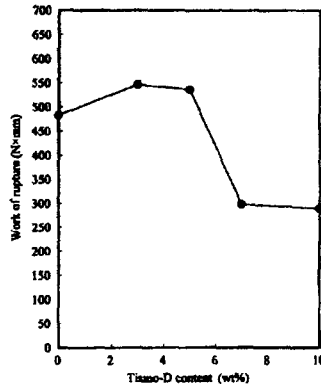


Figure 9. Work of rupture of LDPE bulk specimen containing various amounts of Tismo-D.

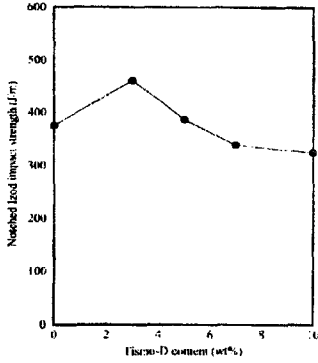


Figure 10. Notched Izod impact strength of LDPE bulk specimen containing various amounts of Tismo-D.

3 wt%에서 벌크 시편은 60% 정도의 피난신율을 기록한 반면, 필름 시편의 경우는 각각 450%(횡방향) 및 149%(기계방향) 정도로서 훨씬 큰 피난신율을 관찰하였다. 이는 동일한 조성의 시편이라도 벌크 및 필름이라는 시편의 상태가 다르기 때문에 서로 다른 stress condition(e.g. plane strain vs plane stress)으로 인한 결과치의 차이라고 사료된다. Figure 9는 벌크 시편의 강인성을 나타낸 그림이다. 역시 필름 시편의 경우와 유사하게 Tismo-D 기준 3 wt% 정도에서 최대의 강인성을 나타내었고, 그 이상에서는 감소하는 경향을 보이고 있다. Figure 10은 벌크 시편의 충격강도를 나타낸 것으로, 지금까지의 결과와 마찬가지로도 Tismo-D 3 wt%에서 460 J/m의 최대 충격강도를 나타내었고 그 이상의 함량에서는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 지금까지의 필름 및 벌크 시편의 기계적 특성 측정 결과 두가지 시편 모두 공통 Tismo-D 기준 3 wt% 정도에서 최대의 기계적 특성을 나타내었다.

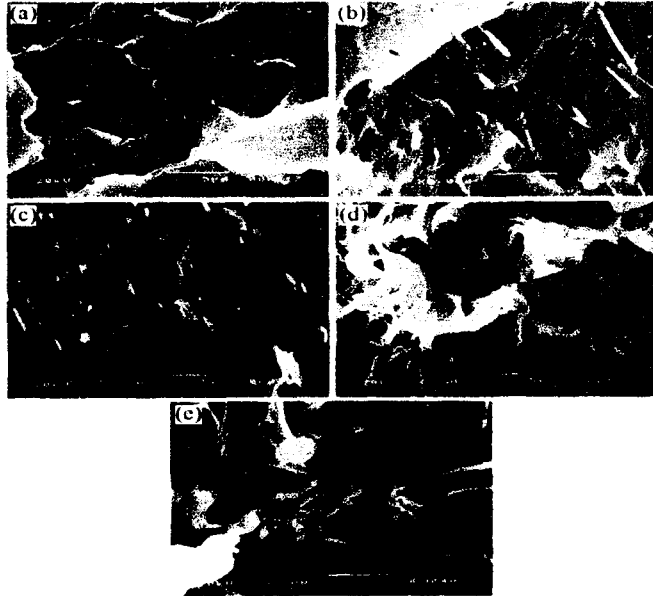


Figure 11. SEM photographs of liquid nitrogen fractured surface of polyethylene bulk specimens containing various amounts of Tismo-D; (a) 0 wt%, (b) 3 wt%, (c) 5 wt%, (d) 7 wt%, (e) 10 wt%.

지금까지의 기계적 분질과 벌크 시편의 파단 모폴로지와의 관계를 규명하기 위해서 먼저 Tismo-D의 whisker 분산 상태를 액체 침소하에서 파단시킨 벌크 시편의 파단면을 이용하여 관찰하였다. Figure 11은 Tismo-D 함량 변화에 따른 PE 매트릭스상에서의 whisker 분산 상태를 보여주고 있다. 그림에서 보이는 것과 같이 대체로 Tismo-D의 함량이 증가함에 따라 5 wt% Tismo-D까지 whisker 등이 비교적 고르게 매트릭스 상에 분산되어 있는 것을 확인할 수 있었으나, 7 wt%, 10 wt%의 경우에는 함량증가로 인한 whisker들의 국지적인 분산(localized aggregation) 현상

이 발생되는 것이 관찰되었다. 따라서 이러한 국지적 입지 분산 현상이 인장 및 충격 실험시 premature failure로 인한 낮은 파단신율 및 충격강도를 가지고 온 것으로 사료된다.

Figure 12는 Tismo-D 함량 변화에 따른 충격 파단 시편의 단면을 보여주고 있다. 그림에서 보이는 바와 같이 Tismo-D 함량 3 wt%에서는 PE 매트릭스와 Tismo-D whisker 사이에는 빈 공간이 없이 매트릭스가 둘러싸여 있는 것을 확인할 수 있었지만 5 wt% 이상에서는 매트릭스가 Tismo-D whisker를 둘러싸지 못하고 주위에 빈 공간이 생기는 voiding 및 whisker

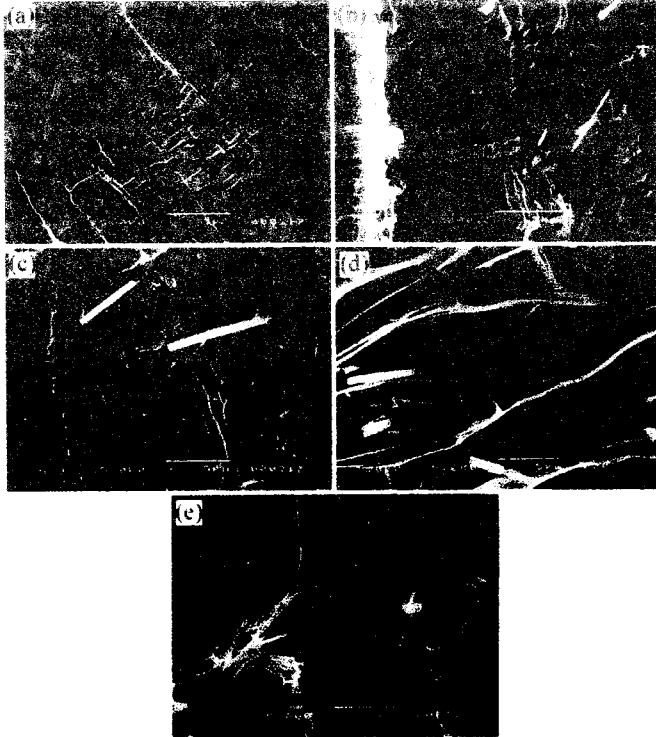


Figure 12. SEM photographs of impact fractured surface of polyethylene bulk specimens containing various amounts of Tismo-D; (a) 0 wt%, (b) 3 wt%, (c) 5 wt%, (d) 7 wt%, (e) 10 wt%.

1999년 가을

한국섬유공학회  
**학술 발표회 논문집**  
Proceedings of  
**the Korean Textile Conference**

일시: 1999년 10월 29~30일  
장소: 전남대학교  
주최: 사단법인 한국섬유공학회  
후원: 한국학술진흥재단

pull-out 현상이 관찰되었다. 따라서 이와 같은 결과물 볼 때 Figure 11의 Tismo-D whisker 분산 상태에 나타난 5 wt% 이상 whisker 함량 근재시의 localized aggregation으로 인한 충격 파단시의 용이한 whisker pull-out 및 voiding 현상이 이 조성 범위에서의 낮은 충격강도의 주 원인이라고 사료된다.

#### 4. 결 론

제충효과를 가지고 있는 것으로 알려진 UV 반사 첨가제인 Tismo-D를 이용하여서 폴리에틸렌 수지와외 혼련을 통한 농위용 밀칭 필름을 제조하였고, 이에 대한  $R_s/R_B$  값, 기계적 특성을 조사하였다. 또한 필름 시편의 물성 재현성을 확인하기 위해서 동일 조성을 갖는 벌크 시편을 제조한 후 이들의 기계적 특성 및 파단 모폴로지 등을 조사하였다. 실험 결과  $R_s/R_B$  값은 Tismo-D 3 wt%에서 1.25의 최대값을 갖는 것을 확인하였고, 그 이상의 함량에서는 오히려 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 폭허에 의한 제충효과를 갖기위한  $R_s/R_B$  값인 1.4 보다는 작았지만, 이러한 값은 통상적으로 세충 필름이 뒷면의 빛 반사층과 아랫면의 빛 차단층의 2-layer 구조로 되어있는 점을 감안하면 상기 조성에서도 충분한 제충효과를 가질 수 있을 것으로 사료된다. 한편, Tismo-D 함유 필름 및 벌크 시편에 대

한 실험으로부터도 Tismo-D 기준 3~5 wt%에서 최적 기계적 특성을 확인 할수 있었고, 이는 벌크 시편을 이용한 파단 모폴로지 관찰에서도 입증되었다.

감사의 글 : 본 연구는 농림수산기술개발 연구과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. L. M. Schalk, C. S. Creighton, R. L. Ferry, W. R. Sitterly, B. W. Davis, T. L. McPadden, and A. Day, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **104**, 759(1979).
2. W. A. Schneider, *U. S. Patent*, 4,332,100(1982).
3. C. J. Phalaugas, *U. S. Patent*, 4,740,369(1988).
4. K. Huh, K. Kim, and T. Yamaguchi, *RDA. J. Agri. Sci.*, **36**, 422(1994).
5. K. Huh and K. Kim, *J. Korean Soc. Hort. Sci.*, **36**, 263(1995).
6. K. Huh, H. Cho, C. Bang, J. Sang, D. Goo, Y. Kim, and B. Kim, *RDA. J. Agri. Sci.* **38**, 503(1996).
7. S. Kitamura, *U. S. Patent*, 4,826,729(1989).
8. S. Kitamura, *U. S. Patent*, 4,920,692(1990).
9. S. Fawcett, *U. S. Patent*, 4,794,726(1989).
10. M. Terashi, *U. S. Patent*, 5,532,043(1996).

UV 반사특성을 이용한  
멀칭용 블리에틸렌 멀칭 필름의 제조와 계층효과에 관한 연구

이진형, 전병철, 소재환, 박종신\*

수원대학교 공분자공학과, \*전국대학교 섬유공학과, \*\*서울대학교 천연섬유학과  
(e-mail: bcchun@mail.suwon.ac.kr)

작물재배시 농약의 과다 사용으로 인한 환경오염에 대한 우려와 관심이 높아지고 있는 가운데, 해충에 대한 작물의 피해를 줄이기 위하여 농약 사용을 줄일수 있는 계층효과를 갖는 농업용 멀칭 필름에 대한 연구가 이루어지고 있다. 계층효과를 가지기 위해서 UV 반사제인 무기미립자(Tismo D)를 저밀도폴리에틸렌(LDPE)에 첨가하여 필름을 제조하고, 이와 UV 반사특성, 역학적 및 열적 성질, 그리고 계층효과에 대하여 조사하였다. 필름의 제조는 우선 UV 반사제(Tismo-D)를 함유한 LDPE와 carbon black을 함유한 LDPE의 두 가지 masterbatch를 만들고, 이를 이용한 UV 반사제 함유 LDPE와 carbon black 함유 LDPE의 2-layer 필름을 제조하였다. 멀칭 필름의 특성 분석은 인장시험, 인열강도시험, 열분석, 빛 반사율 측정을 통하여 이루어졌으며, 계층효과 시험은 고추, 배추, 강낭콩 등의 작물에 대한 field test를 행함으로써 이루어졌다. 제조된 필름의 강도는 시료의 길이 방향과 폭 방향의 두 경우 모두 Tismo-D의 첨가량이 3-5wt%에서 최대 강도를 나타내었고, 파단 신장률 또한 3-5%에서 최대 신장률을 나타낸 후 Tismo-D의 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. 측정된 필름의 UV 반사율은 Tismo-D의 첨가에 따라 반사율이 증가하며 약 400 nm 근처의 파장에서 UV 반사 피크를 나타내었다.

## 특허 출원

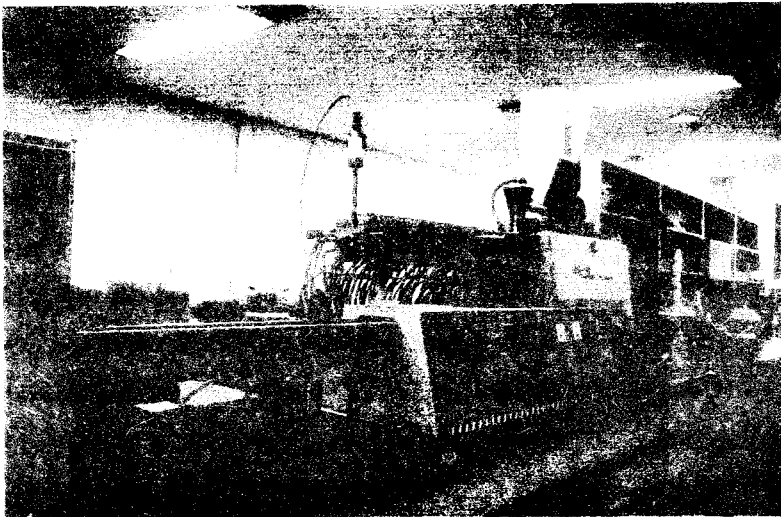
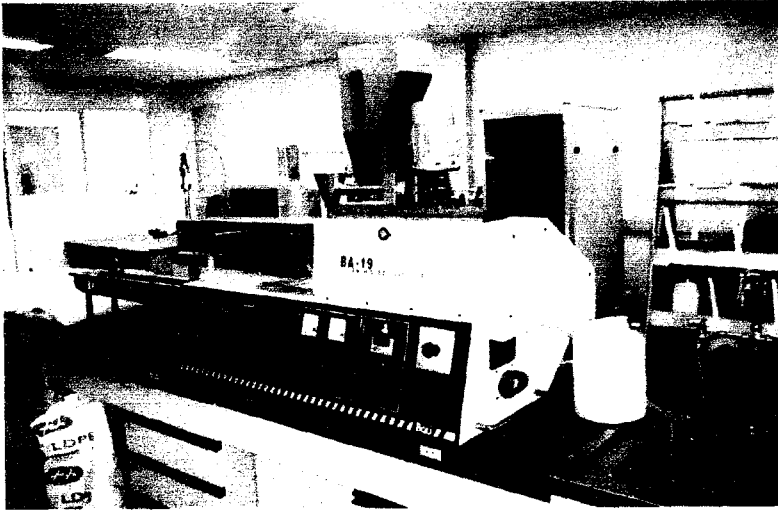
### 【발명의 명칭】

제충·제초 기능을 갖는 폴리에틸렌 멀칭 필름 조성물

### 【요약】

본 발명은 폴리에틸렌 멀칭 필름을 제조함에 있어서 Ti 계열의 무기물 첨가제를 이용하여 배추, 오이, 강낭콩 등의 작물재배시 해충의 유입을 줄이고 잡초의 생성을 억제할 수 있는 기능을 갖는 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 조성물에 관한 것이다. 본 발명의 합성수지 조성물에 사용되는 기초수지로는 주로 폴리에틸렌이 바람직하다. 폴리에틸렌으로는 저밀도 폴리에틸렌(LDPE), 고밀도 폴리에틸렌(HDPE), 선형 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE) 등이 사용된다. 상기 무기물 충전제는 평균 whisker 길이가 20  $\mu\text{m}$  이하이고, 직경은 1 $\mu\text{m}$  이하인 것이 바람직하며, 전체 수지 조성물에 대하여 10중량%까지 함유될 수 있다. 본 발명의 제충·제초 폴리에틸렌 멀칭 필름 조성물은 펠릿(pellet) 상태로 제조되어 필름이나 성형품을 제조하는데 사용될 수 있다.

## 부록 2. 마스터배치 제조용 twin extruder 설비





### 부록 3. Field test용 작물 재배 현장 사진

