

발간등록번호

11-1543000-003200-01

냉방, 보온 효율이 증진된 시설원예용 하이브리드형 장기성 PO코팅필름 개발 및 사업화 최종보고서

2020. 7. 17.

2019

주관연구기관 / 일신화학공업(주)
협동연구기관 / 국립원예특작과학원
협동연구기관 / 성주참외과채류연구소
위탁연구기관 / (주)미림

농림축산식품부

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "냉방·보온 효율이 증진된 시설원예용 하이브리드형 장기성 PO코팅필름 개발 및 사업화"(개발기간 : 2017. 8. 30 ~ 2019. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 07. 17.

주관연구기관명 : 일신화학공업(주)

(대표자: 박광역)

협동연구기관명 : 국립원예특작과학원

(대표자: 이종국)

협동연구기관명 : 경북 성주참외과채류연구소

(대표자: 류영현)

위탁연구기관명 : ㈜미림

(대표자: 이재성)

주관연구책임자 : 박 광 역

협동연구책임자 : 권 준 국

협동연구책임자 : 류 영 현

위탁연구책임자 : 이 재 성

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	817035	해 당 단 계 연 구 기 간	2017.8.30. ~ 2019.12.31	단 계 구 분	(3)/(3)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	기술사업화지원			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	냉방, 보온 효율이 증진된 시설원예용 하이브리드형 장기서 PO필름 개발 및 사업화			
연구책임자	박 광 역	해당단계 참여연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 618,000천원 민간: 414,000천원 계: 1,032,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 618,000천원 민간: 414,000천원 계: 1,032,000천원
연구기관명 및 소속부서명	일신화학공업(주) 기술연구소			참여기업명 일신화학공업(주)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: (주) 미림			연구책임자: 이 재 성	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반 「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의4에 해당하지 않음
-------------------------	---

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수

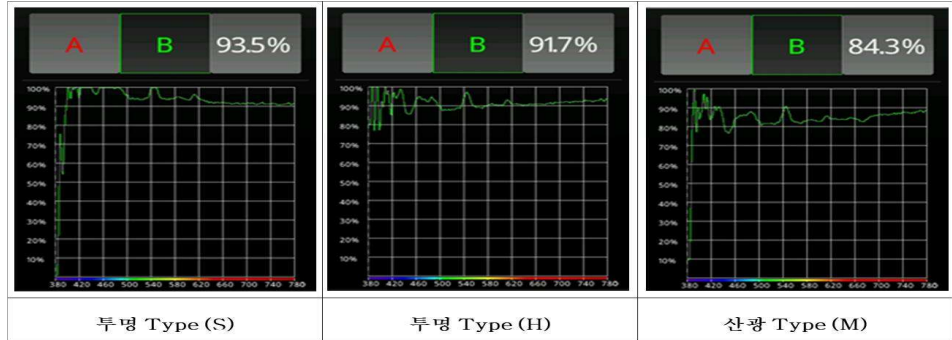
1. 냉방효율 기능을 가진 장기성 코팅필름 개발
 - 가시광선 영역대를 간섭하지 않고 열선(근적외선)의 일부분을 차단
 - 간절기, 하절기 시설하우스 내의 온도상승을 억제
2. 동절기 보온 기능을 극대화 시킨 장기성 코팅필름 개발
 - 동절기 시설하우스 내부에서 발생하는 지구복사열의 방출을 억제
3. 적색광으로의 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발
 - 작물의 광합성 활동 증진을 위한 적색광으로의 광전환
4. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발
 - 시설하우스 내의 황훈증, 소독 등에 의한 폴리머의 산화 연쇄반응을 단절
5. 내스크러치성이 우수한 **Hard Coating Type** 장기성 코팅필름 개발
 - 시설하우스 피복 시, 파이프에 긁혀서 발생하는 스크러치에 의한 코팅막 박피현상 억제

<요약문>

농작물의 주년재배가 가능하도록 냉방, 보온, 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형 장기성 코팅필름을 개발하고 이를 사업화하여 농가보급 및 해외수출을 확대하고자함

1. 냉방효율 기능을 가진 장기성 코팅필름 개발

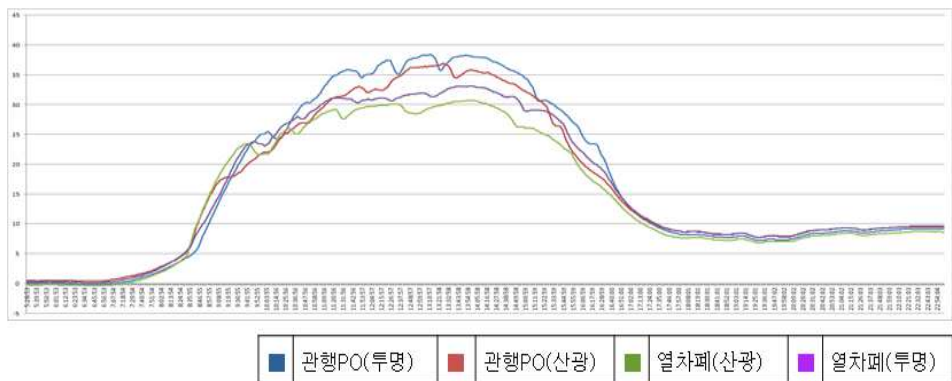
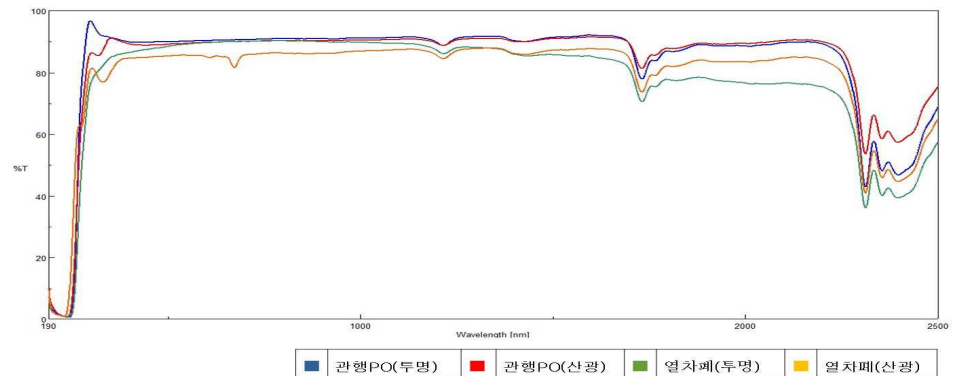
- 가시광선 영역대를 간섭하지 않고 열선(근적외선)의 일부분을 차단



Film Thickness : 0.15mm

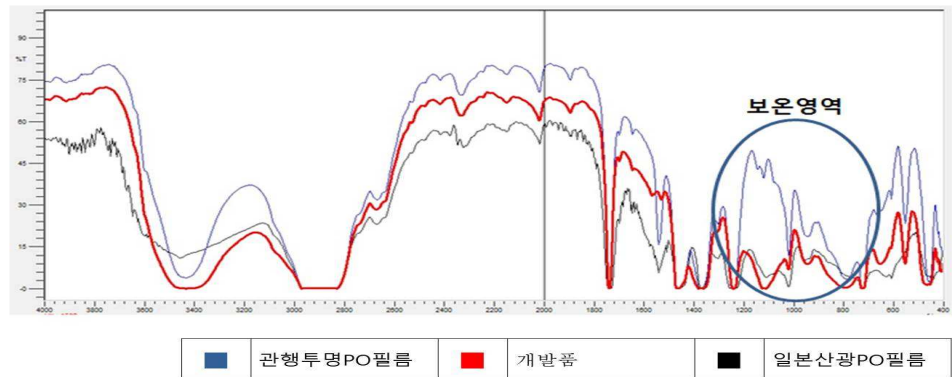
- 간절기, 하절기 시설하우스 내의 온도상승을 억제

연구의
목적 및 내용

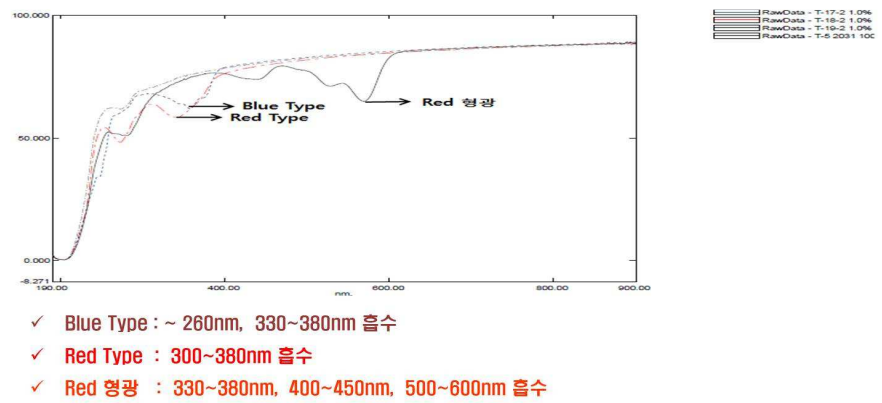
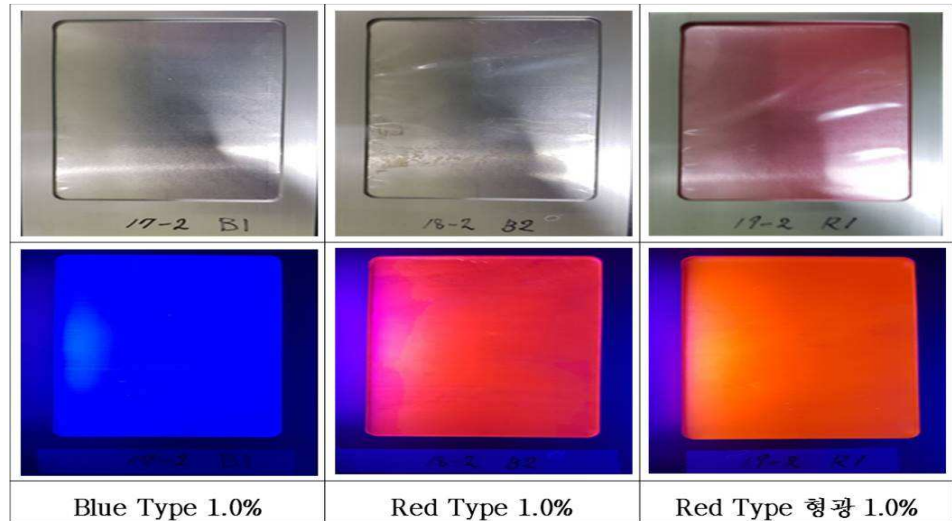


2. 동절기 보온 기능을 극대화 시킨 장기성 코팅필름 개발

- 동절기 시설하우스 내부에서 발생하는 지구복사열의 방출을 억제



3. 적색광으로의 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발
 • 작물의 광합성 활동 증진을 위한 적색광으로의 광전환



4. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발

• 시설하우스 내의 황훈증, 소독 등에 의한 폴리머의 산화 연쇄반응을 단절



Test No : UV안정제 1
Sulfar 검출량 : 0.08wt%
상태 : 산화

Test No : UV안정제 2
Sulfar 검출량 : 0.07wt%
상태 : 산화

Test No : 내황성 UV안정제 1
Sulfar 검출량 : 0.09wt%
상태 : 양호



Test No : 내황성 UV안정제 2
Sulfar 검출량 : 0.08wt%
상태 : 산화



Test No : 내황성 UV안정제 3 +AO
Sulfar 검출량 : 0.08wt%
상태 : 양호



Test No : 내황성 UV안정제 3 + AO
Sulfar 검출량 : 0.09wt%
상태 : 양호

5. 내스크러치성이 우수한 Hard Coating Type 장기성 코팅필름 개발
 • 시설하우스 피복 시, 파이프에 긁혀서 발생하는 스크러치에 의한 코팅막 박피현상 억제

	에폭시	아크릴	에스테르
2.0% (1.0%)			
2.5% (1.5%)			

연구개발성과

- 정성적 성과
- 소폭 실험 샘플 및 광폭 제품 샘플의 광투과율 분석 결과 근적외선 차단성능 확인
- 적외선 차단을 통한 차열기능 소재 선정 및 Recipe 개발
- 적외선 파장 (1250~750cm⁻¹)의 차폐율 점검 및 시험하우스 설치
- 투명형, 산란광형 두가지 Type의 양산 판매 (76백만원/3년)
- UAE 한국형 스마트팜 개발사업과 연계하여 사막형 온실 피복재 실증 시험 (2020년 실시)
- 내황성 안정UV제 소재별 촉진내후성 평가 완료
- 시험용 소형하우스 황혼증 평가 완료
- 내화학성이 향상된 UV안정제 선정완료

	<ul style="list-style-type: none"> • 내황성 UV 적용 1차 양산 완료 (142.5톤) • 유,무기 보온소재 평가 및 분석 완료 • 원적외선 차폐효율을 향상시킨 소재 선정 및 Recipe 선정 • Blue, Red, 형광 Type 별, 함량별 광전환 효과 평가 및 분석 • - 첨가형, 코팅형 적용 필름 샘플의 광전환 효율 비교 평가 • 실란 투입량에 따른 변화 확인. • - 실란에스테르류를 이용한 실험 (투입량 2~2.5%) 에서 적용가능한 조성 확인 • 동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 환경조사 변화 조사 • 외피복 필름종류별 수량 및 품질 특성 조사 • 동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 온습도 변화 조사 • 외피복 필름종류별 참외 수량 및 품질 특성 조사 <p>농업종사 인구구성의 변화로 인하여 3~5년간 사용 가능한 장기성 PO피복재가 필요한 실정으로 국내 장기성 필름 시장의 약 70% 이상이 수입 장기성 코팅필름으로 이루어져 있으며 이로 인하여 시설원예(비닐하우스) 재배 농가에게 막대한 경제적 부담이 되고 있는 상황으로 농작물의 주년 재배가 가능하도록 냉방, 보온, 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형 장기성 코팅필름의 개발이 시급한 실정이다. 기존의 시설원예용 자재는 대부분 동절기 단열위주로 개발, 보급되어 있는데 본 연구에서는 수입대체용 시설원예용 하이브리드형 장기성 PO코팅필름을 이용하여 동절기부터 하절기에 걸쳐 이루어진 참외 재배시의 효과를 검토</p> <p>○ 정량적 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> • 특허출원 : 3건 • 특허등록 : 1건 (디자인등록) • 상품화 : 2건 • 매출액 : 76,000,000원(2019년 현재) • 고용창출 : 1명 • 논문 ; 1건 • 학술발표 : 2건 • 정책활용 : 1건 • 홍보전시 : 1건
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>1. 활용계획</p> <ul style="list-style-type: none"> • 농촌진흥청, 도농업기술원 등과 연계한 필드 테스트 및 현장 검증사업 완료 후 대농민 홍보, 정책 제안 및 현장보급 • 돈사, 우사, 양계장 등 축사 열차단 피복재 개발 • 인삼 재배시설 열차단 및 광전환 효율 증진 피복재 개발 등 • 내농약성, 내스크러치성, 적색광 전환 기능을 보유한 복합기능성 PO

	필름 개발 2. 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> • 일본산(70% 점유)을 대체하는 고품질/저가형 장기성 PO(Polyolefine) 코팅필름 개발냉방 및 보온 효율이 개선된 PO 필름 개발 및 기술경쟁력 확보 • 국내산 PO 필름에 대한 안정적 영업망 구축과 장기성 PO 필름의 국내제품 점유율 확대 • 중국 자회사 기술 이전 또는 직접 수출을 통한 중국시장 개척 • 사막형 스마트팜 온실 적용실증 시험을 통한 중동지역 시장 개척 				
국문핵심어 (5개 이내)	P0코팅필름	근적외선차단	보온	광전환	내화학적성
영문핵심어 (5개 이내)	PO Coated Film	NIR Blocking	Insulation	Light Conversion	Chemical Resistance

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 10
2. 연구수행 내용 및 결과 14
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 114
4. 연구결과의 활용 계획 등 118
붙임. 참고 문헌 119

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

<뒷표지>

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

○ 농작물의 주년재배가 가능하도록 하절기 냉방(시설내 온도 2~3도 하락), 동절기 지구복사열 방출 억제를 통한 보온효과, 적색광 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형 장기성 코팅필름을 개발하고 이를 사업화하여 농가보급 및 해외수출을 확대하고자함

- (1) 하절기 냉방 기능을 가진 장기성 코팅필름 개발
- (2) 동절기 보온 기능을 극대화 시킨 장기성 코팅필름 개발
- (3) 적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발
- (4) 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발
- (5) 내스크러치성이 우수한 Hard Coating Type 장기성 코팅필름 개발

1-2. 연구개발의 필요성

가. 시설원에 농가 경영환경의 변화

인구의 초고령화 현상은 우리나라 뿐 아니라 세계의 많은 나라에서 사회문제로 대두되고 있으며 고령화 현상은 인구가 밀집되어 있는 도시보다 젊은 층의 인구가 도심으로 유출되는 농어촌에서 더 큰 문제로 이를 해소하기 위한 대안이 시급한 상황이다.



<그림 1> 2010년 농업 및 수산업종 인구 유출 현황

(가) 우리나라의 시설원예 재배면적은 약83,629ha(2016년 기준)으로 1985년 32,000ha면적과 비교하면 260%가 확장된 반면, 시설원예 농가는 185,000농가에서 125,000가구로 약 35% 정도 감소하였음(출처 : 통계청 2016년, 농림어업총조사 2015년)

(나) 이와 같은 변화는 그동안 국민소득의 증대와 더불어 채소 및 과채류의 소비가 증가하였지만 농촌 인구의 고령화에 따른 농업인구의 감소 결과로, 시설원예 분야는 이제 국민생활과 밀접한 연관을 가지면서 생산성 향상 및 재배환경 개선을 위해 관련 산업의 기술개발의 필요성이 대두되고 있다.

(다) 한중FTA, EU-FTA가 타결 된 이후, 농업전반은 물론 시설원예 분야에서도 큰 타격을 받고 있으며, 관련 산업의 경쟁력 강화를 위해 농민은 물론 농업관련 산업의 R&D투자

에 관심이 필요하다.

(라) 국내 시설원에 경영비가 급상승되었으며, 한국농촌경제연구원(KREI)의 분석에 의하면 비육우 11%, 비육돈 16%, 미곡 9%, 시설원에 17%의 경영비 상승 요인이 있는 것으로 조사되었다.

(마) 한편, 국내 시설하우스 중, 단동형 시설하우스(1-1S형) 재배를 하는 90% 정도의 시설원에 전업농가는 매년 피복재(필름)를 교체하고 있는 실정이고 이는 곧 농가경영비 상승의 요인이 되고 있다.

나. 시설원예용 피복자재 장기성 필름 시장 현황

(가) 연간 국내에 보급되고 있는 농업용 필름 100,000여톤 중 시설하우스용 피복재는 매년 48,000여톤(한국농업용필름협회 2016년 통계)이 농가에 공급되고 있다. 기존 하우스용 필름은 유적제가 필름 내부에 첨가되어 있는 형태로 시간이 경과 될수록 유적제가 필름 표면으로 이행되어 유적효과를 발현하는데 일정기간 경과 후, 유적제가 모두 소진 되면 차년도 동절기에는 유적효과를 기대할 수 없다.

(나) 이러한 문제로 인하여 안정적이 작물 재배를 위해서 필름의 내구성과 상관없이 매년 필름을 교체해야 하는 실정이었다고, 이는 결국 시설원예(비닐하우스) 재배 농가에게 막대한 경제적 부담이 되고 있는 상황이다.

(다) 1990년대 후반부터 메탈로센 수지를 압출한 필름에 유적제를 코팅한 일본제품이 국내에 수입판매 되었고 정부 및 지자체 보조금을 통해 근래에 그 수량이 급속도로 증가되어 국내 원예시설자재 시장을 잠식하고 있다.

(라) 2015년 기준 국내 장기성 필름 시장의 약 70% 이상이 일본 수입 장기성 코팅필름으로 이루어져 있으며 중앙정부 및 지자체 단위에서 수입필름에 국한된 조건으로 판매대금의 50% 수준을 보조금으로 지원하고 있는 실정이다.

(마) 이는 국고의 일본 유출이라는 문제와 국내 관련 산업의 보호 차원에서도 장기성 PO 코팅 필름의 가공기술을 개발해야하는 필요성이 대두되고 있다.

(바) 일신화학공업(주)은 농림축산식품부의 첨단기술개발 사업에 참여하여 2012년 국내 최초로 장기성 PO 코팅필름 및 생산시스템을 개발하여 국내 시설원예 농가에 보급을 한 바 있고, 2016년 1,000톤 이상의 판매 실적을 올렸으며 5년 만에 누적 판매 128억원의 매출을 달성한 바 있다.

(사) 개발 이후, 자체적으로 지속적인 개발, 투자를 통하여 일본 제품과 동등한 품질 개선을 이루었지만, 일본 수입 코팅필름 대비 70% 수준의 판매가격 임에도 불구하고 아직까지 시장의 70%를 일본산 PO 코팅필름에게 내어주고 있는 실정이어서 일본과의 기술 격차를 해소하고 신제품을 개발할 필요가 있다.

(아) 이에, 일본 수입 PO 코팅필름과는 기능적으로 차별화 되어 있는 기능성 제품 개발로 농가의 주년재배, 농가 소득 향상 및 수출 증대를 실현 시켜야 한다.

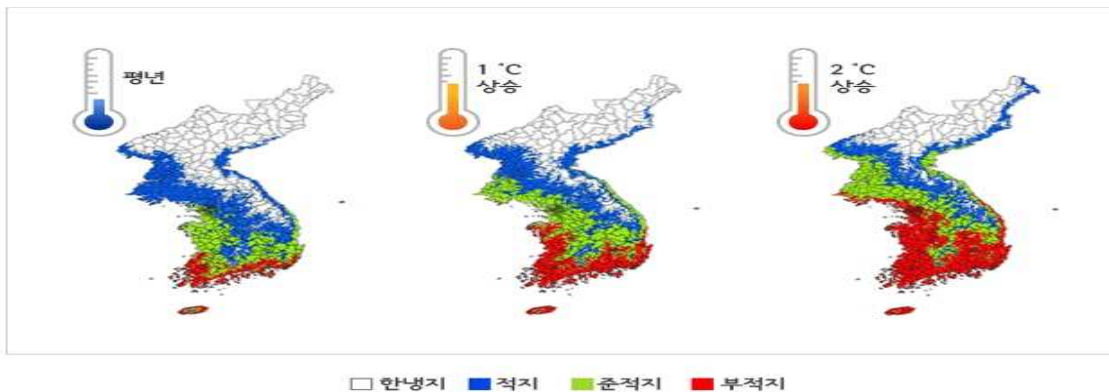
다. 지구온난화에 따른 한반도 기후변화

우리나라도 1912년 이래로 지구온난화와 도시화 효과로 평균기온이 1.5℃가 상승하였다. 특히 여름철보다는 겨울철의 최저 기온이 크게 상승하였고 강수의 횟수보다는 집중 호우 발생의 증가로 강수량이 증가하였음. 그 여파로 1990년대의 겨울은 1920년대에 비해 약 30일 정도 짧아진 반면, 여름과 봄은 20일 정도 길어지고 있다.(출처 : 국토환경정보센터, 2016)



<그림 2> 지구온난화로 인한 주요 작물 재배지의 북상

- (1) 온대기후인 우리나라도 점차 아열대 기후대로 전환되면서 작물의 재배지도 함께 북상하고 있음. 특히 제주도 특산물인 한라봉이 전라북도 김제에서도 재배가 가능한 기온을 형성되어 이제 지역 특산물의 개념이 사라지는 추세이다.
- (2) 또한, 동절기 일수가 30여일 짧아지고 봄, 여름 일수가 늘어나게 되면서 우리나라도 시설 재배를 활용한 주년재배가 가능하게 되었으며 특히, 기후 변화에 민감한 과수 작물은 생산량과 품질뿐만 아니라, 재배지에도 큰 변동이 생겨 우리 농업 환경에 맞는 재배지 변동 예측 기술을 개발할 필요가 있다.



<그림 3> 기온상승으로 인한 과수재배 적지의 변화(농촌진흥청)

- (3) 이러한 기후변화는 하절기 폭염이 지속되면서 시설하우스 내부의 온도가 상승하여 하우스에서 작업을 하는 농민이 열사병으로 사망하는 사고가 증가하고 있고, 대부분의 재배 작물은 30℃ 이상의 고온에서 정상적인 생육이 불가능하여 고온장애와 고사등의 부작용이 나타나고 있다.
- (4) 가시광선의 투과율을 저해하지 않고 하우스 내부로 들어오는 태양복사 에너지의 열선 부분을 억제하여 하절기에 시설내부의 온도를 일정수준으로 낮춰주고, 작물생육의 안정

적 환경 유지를 위하여 운용되는 냉방효율을 상승 시키며, 아울러 작업자의 안위를 존속 시킬 수 있는 기능성 피복재의 개발이 시급한 상황이다.

1-3. 연구개발 범위

가. 일신화학공업(주)

		코드번호	C-04
연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용	
하절기 냉방 기능을 가진 장기성 코팅필름의 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 실험적 접근 - 근적외선 차폐 기능성 소재 적용 샘플의 광투과율 분석 - 시험하우스 피복하여 하절기 기온 상승억제 효과 모니터링 	<ul style="list-style-type: none"> • 근적외선 차단을 통한 시설하우스 내 열 에너지 억제 효과 기대 • 근적외선차단소재 적용 필름(소폭실험, 광폭제품)의 근적외선 투과율 분석 • 시험하우스에 피복하여 여름철 기온상승억제효과 관찰 • 협동기관의 시험하우스에 피복하여 온도변화에 따른 작물 생육 실증 평가 	
내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 실험적 접근 - 내황성 UV 안정제를 첨가한 실험 샘플 및 기성품 생산 - 내후성 시험을 통해 UV 안정성 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 내황성 UV 안정제를 적용하여 실험샘플 및 기성품 샘플을 생산하여 내후성시험 진행 • 기존의 UV 안정제와 비교평가 • 국립원예특작과학원과내후성 시험 동시 진행하여 비교 평가 	
동절기 보온기능을 극대화시킨 장기성 코팅필름 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 이론적 & 실험적 접근 - 근적외선 차단으로 손실될 수 있는 겨울철 보온 능력을 보완할 수 있도록 보온재를 첨가하여, 기존 제품과 보온력 비교 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 소형 시험하우스에 실험군(하이브리드형 장기성 코팅필름) 및 대조군(기성품)을 피복하여 동절기(11월~3월) 시험하우스 내 온도 모니터링 • FT-IR 분광기를 이용한 원적외선 파장 영역의 흡수율 분석 • 협동기관의 시험하우스에 피복하여 온도변화에 따른 작물 생육 실증 평가 	
적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 이론적 접근 - 광전환 소재의 적용에 있어서 적용 방법을 첨가형/코팅형 으로 나누어 광전환 효율 평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 광전환 소재를 적용한 샘플 2종 생산 (코팅형 / 첨가형) • 적용 방법별, 적용 함량별 광전환 효율을 비교 평가하여 적용 방법을 결정 	
내스크러치성이 우수한 Hard Coating Type 장기성 코팅필름 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 이론적 & 실험적 접근 - 기존 코팅방식 대비 내스크러치성이 우수한 하드코팅 타입의 유적코팅액의 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 코팅성 및 내스크러치성 향상을 위한 표면 가질제 실험 • 코팅액의 장기보관에 따른 유적성 및 액 안정성 확인 	

나. 성주참외과채류연구소

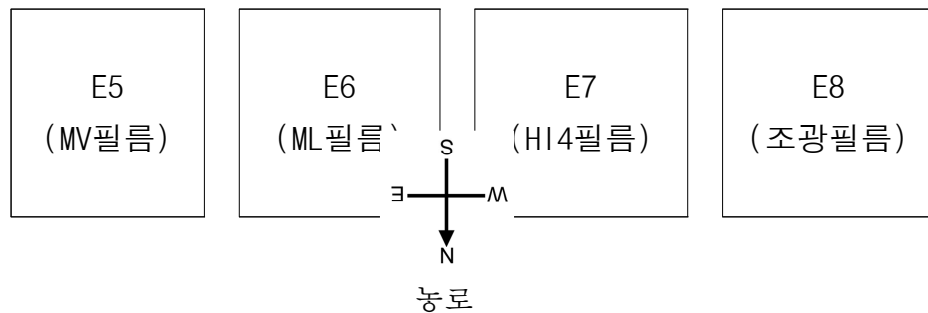
참외배시설의 외피복재 필름종류별 시설환경 조사를 위하여 동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 온습도 변화를 조사하였으며 외피복재 종류별로 참외 수량 및 품질 특성 등을 조사하

였다.

시험작물은 참외(참사랑꿀참외 품종)를 대상으로 시제품 3종과 대조 1제품을 단동 아치형 비닐 하우스(폭 6.5m×높이 2.6m×길이 50m, 남북방향)에 11월 참외재배시작전에 설치하여 시험을 실시하였다. 재배시기는 동절기(12~5월)에 참외정식과 기본생육 그리고 봄철에 참외 품질, 수량 등을 조사하였다.

시설환경조사 방법은 조사위치는 동쪽이랑(터널내부, 기온 30cm 높이, 지온 15cm 깊이), 중앙부 기온(상중하단), 습도(하단)을 기준으로 조사하였고 LI-COR사 E 5-8을 이용하여 야외 광량, 일사량 등을 조사하였다. 산란광조사는 1, 3, 5월에 10~18시 사이에 2시간 간격으로 조사하였다. 시설내부 열화상 이미지의 측정은 동절기(1월) 맑은 날 10~18시까지 2시간 간격으로 촬영하였다.

참외 생육조사는 초장, 엽수의 조사 시기는 정식 후 28, 36일에 실시하였으며 첫 암꽃 개화일을 기준으로 개화 소요일수를 측정하였고 수확량 조사는 조사면적 8m×24m을 설정하여 3반복으로 처리별 10주를 기준으로 조사하였으며 수량조사는 총 수확과, 상품과 및 비상품과 개체중을 조사하였으며 과실 수확무게 측정, 발효과, 기형과, 개체중, 과육당도 등을 4월에서 8월사이 1개월 간격으로 조사하여 과장, 과폭, 과색, 당도, 과육두께, 경도 등을 측정하였다. 포장배치는 성주참외 과채류연구소 E블록 5~7번 단동 아치형 하우스(남북방향)에 실시하였다.



월별 시험포장내 작업내용은 아래와 같이 실시하여 참외 생육관리를 실시하였다.

월별	순 별		
	상 순	중 순	하 순
12월	- 육묘관리	- 정식포장 준비	- 비닐피복 및 정식
1월	- 정식 관리, 환경측정센서 설치	- 본포관리	- 수확 조사
2월	- 생육조사	- 순정리	- 착과, 포장관리
3월	- 포장관리	- 포장관리	- 착과, 포장관리
4월	- 과실수확 및 조사	- 과실수확 및 조사	- 포장관리
5월~	- 포장관리 및 과실 수확 조사		

기타관리 병충해 방제사항은 진딧물, 응애, 노균병, 흰가루병 등의 기본 방제를 위하여 15일 간격으로 기본방제를 실시하였다.

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1. 연차별 목표 및 연구결과

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도	[세부1] 일산화학공업	1. 하절기 냉방 기능을 가진 장기성 코팅필름의 개	Pilot Extruder를 통하여 하절기 냉방 효과적인	• 적외선 차단을 통한 차열기능 소재 선정 및

(2017) (2018)	(주) 농작물의 주년재배가 가능하도록 냉방, 보온, 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형 장기성 코팅필름의 개발 및 사업화 [세부1] 일신화학공업(주) 농작물의 주년재배가 가능하도록 냉방, 보온, 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형	발	적외선 차단 소재 선정 을 위한 압출 테스트 시 행	Recipe 개발 •소폭 실험 샘플 및 광 폭 제품 샘플의 광투과 율 분석 결과 근적외선 차단성능 확인
			자사 영업망을 통해 기 능성 PO 필름의 시제품 샘플 출고하여 현장에 피복	• 적외선 차폐로 인한 동절기(11월~이듬해5월) 생육 문제점 발생 여부 모니터링 예정 • 적외선 차폐를 통한 하절기(여름철) 내부 온 도 상승 억제 효과 모니 터링 예정
			소형 시험하우스에 기존 제 품 및 개발중인 하이브리드 형 PO 필름 피복	
		2. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발	내항성(내화학적) UV 안정제 적용 압출 및 소재선정 실험	• 촉진내후성시험장치를 통한 UV-안정성 검증 진행
			내항성(내화학적)UV 안정제 적용 제품 Field 평가용 시제품 제작	2차년도 Field 평가를 통 한 소재 선정 및 Recipe 개발 예정
		3. 동절기 보온기능을 극대 화 시킨 장기성 코팅필름 개발	하절기 근적외선 차단 기능성 소재 적용으로 인한동절기 열손실 보완 하는 보온재 첨가한 시 제품 생산하여 소형 시 험하우스에 기존 제품과 같이 피복하여 보온 소 재별 성능 평가 시험	• 적외선 파장 (1250~750cm ⁻¹)의 차폐율 점검 및 시험하우스 설 치 • 동절기 (11월~ 4월) 시 험하우스 내부 온도 모 니터링 하여 보온효과 평가 진행 예정
			4. 적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발	• 적색광 전환 기능성 소재의 Film 내 첨가 / 코팅형 적용
		5. 내스크리치성이 우수한 Hard Coating Type 장기 성 코팅필름 개발	• 2년차 위탁과제로 수 행 예정	- 해당 없음
			Pilot or Co-Extruder를 통하여 하절기 냉방 효 과적인 적외선 차단 소 재 선정을 위한 압출 테 스트 시행	- 근적외선 차폐 소재별, 함량별 압출평가 시행 - 투명형, 산란광형 두가 지 Type의 Recipe 선 정 완료 - Pilot Scale, 양산Scale 압출 성형 - 시험용 소형하우스, 성 주참외과채류연구소, 함 안시설원예연구소 및 경 북, 충청 지역 Field 피 복 (10/22 양산)
		1. 하절기 냉방 기능을 가 진 장기성 코팅필름의 개 발	자사 영업망을 통해 기 능성 PO 필름의 시제품 샘플 출고하여 현장에 피복	
소형 시험하우스에 기존 제 품 및 개발중인 하이브리드 형 PO 필름 피복				

장기성 코팅필름의 개발 및 사업화	2. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발	내황성(내화학적) UV 안정제 적용 제품 황처리 내후성 평가	- 내황성 안정UV제 소재 별 촉진내후성 평가 완 료 - 시험용 소형하우스 환훈 증 평가 완료 - 내화학성이 향상된 UV 안정제 선정완료 - 시험용 소형하우스, 성 주참외과채류연구소, 함 안시설원예연구소 및 경 북, 충청 지역 Field 피 복 (10/22 양산)
	3. 동절기 보온기능을 극대 화 시킨 장기성 코팅필름 개발	하절기 근적외선 차단 기능성 소재 적용으로 인한동절기 열손실 보완 하는 보온재 첨가한 시 제품 생산하여 소형 시 험하우스에 기존 제품과 같이 피복하여 보온 소 재별 성능 평가 시험	- 유,무기 보온소재 평가 및 분석 완료 - 원적외선 차폐효율을 향상시킨 소재 선정 및 Recipe 선정 - 시험용 소형하우스, 성 주참외과채류연구소, 함 안시설원예연구소 및 경 북, 충청 지역 Field 피 복 (10/22 양산)
	4. 적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발	적색광 전환 기능성 소 재의 Film 내 첨가 / 코 팅형 적용	- Blue, Red, 형광 Type 별, 함량별 광전환 효 과 평가 및 분석 - 첨가형, 코팅형 적용 필름 샘플의 광전환 효 율 비교 평가
	5. 내스크리치성이 우수한 Hard Coating Type 장기 성 코팅필름 개발 (위탁)	접착력 향상위한 접착수 지, 실란등을 이용한 접 착강화 실험진행 코팅액 제조공정 조합을 통한 최적 배합비 검토 원재료 검토시 원료간 상용성 파악우선 코팅액 제조공정 검토 및 안정화 기술확보 (혼합시간, 투입순서에 따른 Haze검토)	- 실란 투입량에 따른 변화 확인. - 실란에스테르류를 이용한 실험 (투입량 2~2.5%) 에서 적용가능한 조성 확인
		유적성과 표면강도를 만 족하는 배합비 확보 실란에 따른 표면 강도 및 접착력 파악	

3차 년도 (2019)	[협동 1] 국립특작과학원 시설원예연구소 열차단 필름의 광학적 특성 분석 및 작물 실증 실험	열차단 필름의 광학적 특성 분석 및 작물 실증 실험	시설환경 조사	동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 환경조사 변화 조사
			상추, 토마토 생육 및 수량 품질특성 조사	외피복 필름종류별 수량 및 품질 특성 조사
	[협동 2] 성주참외과채류연구소 시설원예용 하이브리드형 장기성 PO필름 실증 시험 [세부1] 일신화학공업(주) 농작물의 주년재배가 가능하도록 냉방, 보온, 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형 장기성 코팅필름의 개발 및 사업화	광전환 효율 증진 장기성 코팅필름 적용 재배 실증 1. 하절기 냉방 기능을 가진 장기성 코팅필름의 개발 2. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발 3. 적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발 4. 내스크러치성이 우수한	참외 시설환경 조사	동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 온습도 변화 조사
			참외 생육 및 수량품질 특성 조사	외피복 필름종류별 참외 수량 및 품질 특성 조사
			양산형 모델 판매 개시	- 시험용 소형하우스, 성주참외과채류연구소, 함안시설원예연구소 - 투명형, 산란광형 두가지 Type의 양산 판매 - UAE 한국형 스마트팜 개발사업과 연계하여 사막형 온실 피복재 실증 시험 (2020년 실시)
			내황성(내화학적) UV 안정제 적용 제품 황처리 내후성 평가	- 황혼증에 의한 내황성 안정UV제 소재별 촉진 내후성 평가 완료 완료 - 시험용 소형하우스, 함안시설원예연구소
			내황성(내화학적)UV 안정제 적용 양산제품 판매 개시	- 내황성 UV 적용 1차 양산 완료
			광전환소재 내후성 향상 방안 검토	- Blue, Red, 형광 Type 별, UV안정제 처방 내후성 효과 평가 및 분석 - Blue, Red, 형광 Type 함량별, UV안정제 처방 내후성 효과 평가 및 분석
			코팅액 및 개질원단 제	- 코팅필름의 물성(내스크

	Hard Coating Type 장기성 코팅필름 개발 (위탁)	조를 통한 스크러치성, 유적성, 보관 안정성 검토	러치성) 향상 - 코팅액의 친수성 향상 검증 (필름표면 접촉각 측정, 고온 유적경시) 검증 - 코팅액 장기 보관 안정성 향상
[협동 1] 국립특작과학원 시설원예연구소	열차단 필름의 광학적 특성 분석 및 작물 실증 실험	시설환경 광특성, 온습도 조사	동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 환경조사 변화 조사
열차단 필름의 광학적 특성 분석 및 작물 실증 실험		상추, 오이, 토마토, 멜론 생육 및 수량품질특성 조사	외피복 필름종류별 수량 및 품질 특성 조사
[협동 2] 성주참외과채류연구소	광전환 효율 증진 장기성 코팅필름 적용 재배 실증	참외 시설환경 조사	동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 온습도 변화 조사
시설원예용 하이브리드형 장기성 PO필름 실증 시험		참외 생육 및 수량품질 특성 조사	외피복 필름종류별 참외 수량 및 품질 특성 조사

2-2 사업화성과 및 매출실적

○ 사업화 성과

항목	세부항목			성 과
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	5.3억원
			향후 3년간 매출	10억원
		관련제품	개발후 현재까지	6.5억원
			향후 3년간 매출	10억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0.1% 국외 : -%
			향후 3년간 매출	국내 : 0.5% 국외 : %
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 0.3% 국외 : -%
			향후 3년간 매출	국내 : 1.5% 국외 : -%
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		- 위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		- 위

○ 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2년			
	소요예산(백만원)	1,032			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0.76	2	5	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0.2	0.5	1.3
국외		-	0.1	0.2	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	- 중동 사막형 기후에 적합한 근적외선 차폐필름 개발 - 세부 unit형(내황성, 광전환성 등) 제품 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	-	-	-	
	수 출	-	1	3	

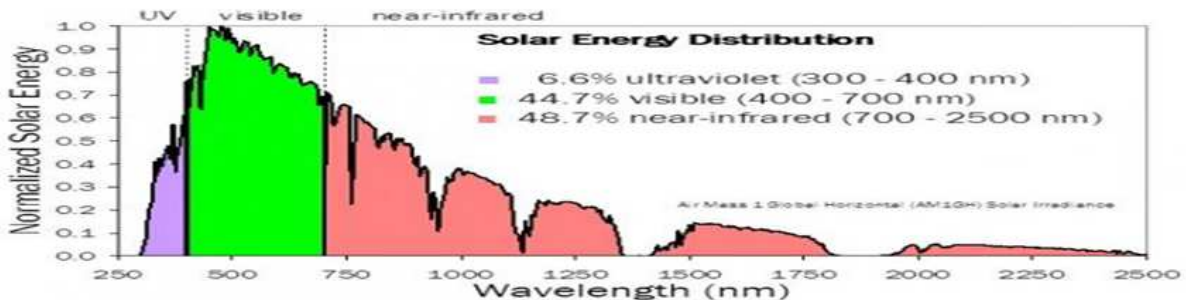
2-2. 연구개발 내용

○ 세부1. 일신화학공업(주)

농작물의 주년재배가 가능하도록 냉방, 보온, 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형 장기성 코팅필름의 개발 및 사업화

가. 하절기 냉방 기능을 가진 장기성 코팅필름의 개발

올 여름, 섭씨 40℃가 넘는 폭염으로 전국 곳곳에서 피해가 발생하였다. 이러한 하절기 기후변화는 시설하우스 내부의 온도가 상승하여 하우스에서 작업을 하는 농민이 열사병으로 사망하는 사고가 증가하고 있고, 대부분의 재배작물은 40℃ 이상의 고온에서 정상적인 생육이 불가능하여 고온장애와 고사 등의 부작용이 나타나고 있다.



<그림4> 지구표면에 도달하는 태양복사에너지의 파장대별 에너지 세기

기온의 상승은 지구에 도달하는 태양복사에너지 중 빛에너지가 높은 근적외선 영역에 의하여 작용한다.

본 연구를 통하여 하우스 내부로 들어오는 가시광선의 투광율을 저해하지 않고 태양복사 에너지의 열선 부분(근적외선)을 필름 표면에서 반사, 흡수를 통하여 하절기에 시설내부의 온도가 급

격히 상승하는 것을 억제 할 수 있는 필름을 개발하고자 한다.

해당 기술은 근적외선 차폐 소재를 공압출을 통하여 필름의 Layer 간 조성 및 함량에 차이를 두어 근적외선 차폐효과를 부여하였다.

(1) 각 기능별 소재 분석 및 평가 (1차년도)

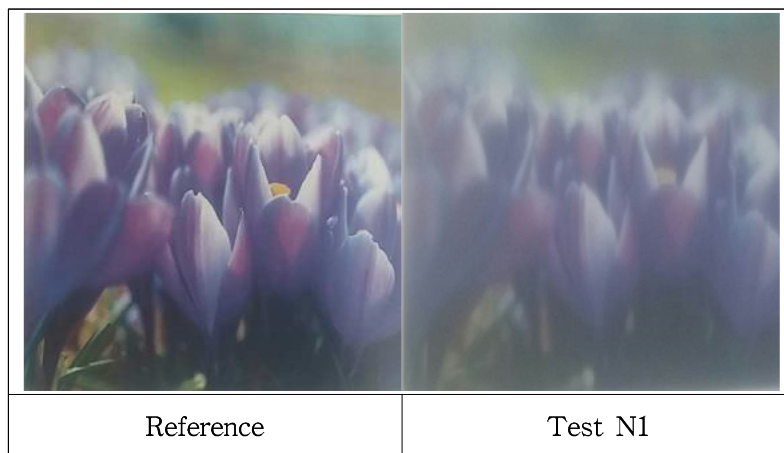
(가) 열선(근적외선) 차폐 소재 분석, 평가 및 선정

1) 1차 Test 결과

① 광특성 분석

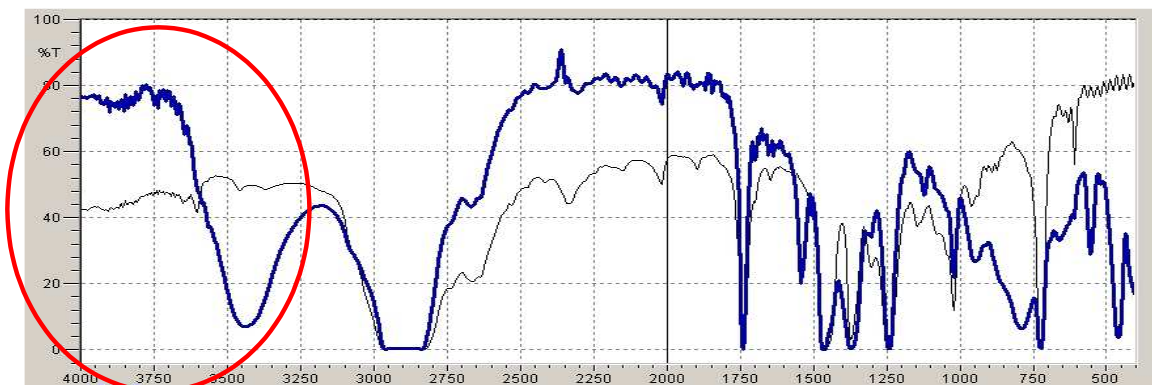
	Tt	Pt	Dt	HAZE
Reference	92.1	79.2	12.9	14.0
Test N1	63.9	36.5	27.4	42.8

<표1> HAZE Meter 광특성분석



<그림5> 필름 선명도 비교

② FT-IR 특성 분석



<그림6> 청색-Reference, 흑색-Test 1

2) 2차 Test 결과

① 광특성 분석

	Tt	Pt	Dt	HAZE
Reference	92.1	79.2	12.9	14.0
Test N2	49.5	21.5	28.0	56.6
Test N3	59.5	32.7	27.0	45.2

<표2> HAZE Meter 광특성분석



<그림7> 필름 선명도 비교

② FT-IR 특성 분석



<그림8> 청색-Reference, 적색-Test N2, 연두색-Test N3

3) 3차 Test 결과

① 광특성 분석

	Tt	Pt	Dt	HAZE
Reference	92.1	79.2	12.9	14.0
Test N4	89.5	37.5	57.0	57.1
Test N5	88.4	23.1	65.3	73.8

<표3> HAZE Meter 광특성분석



<그림9> 필름 선명도 비교

② FT-IR 특성 분석



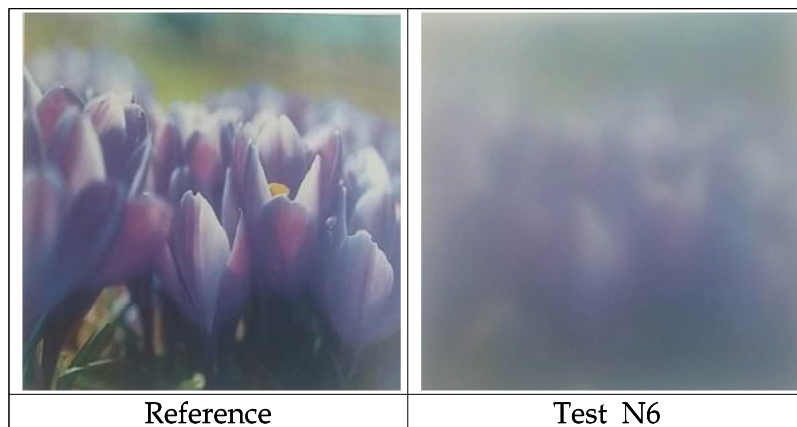
<그림10> 흑색-Reference, 적색-Test N4, 청색-Test N5

4) 4차 Test 결과

① 광특성 분석

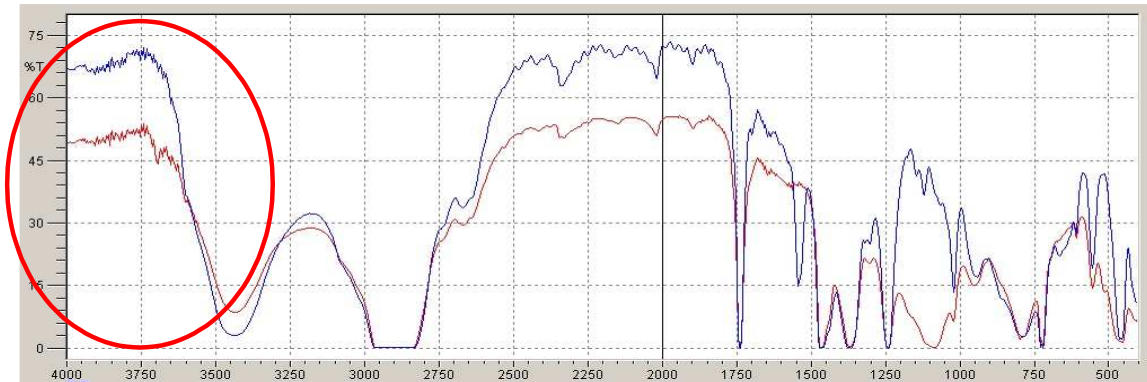
	Tt	Pt	Dt	HAZE
Reference	92.1	79.2	12.9	14.0
Test N6	89.3	36.6	52.7	59.0

<표4> HAZE Meter 광특성분석



<그림11> 필름 선명도 비교

② FT-IR 특성 분석



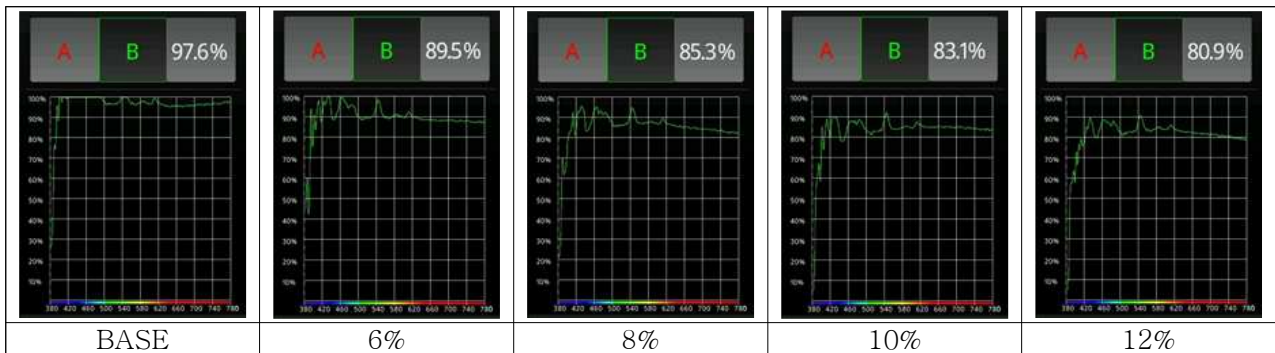
<그림12> 청색-Reference, 적색-Test N6

적용 된 소재는 자동차 틸팅, 윈도우글라스 등에 사용되는 무기질 소재이며 각 소재를 Base한 마스터배치를 제작하여 함량별, Layer 조성별로 차등을 두어 투명한 필름과 산란필름 두가지 Type으로 구분하여 필름을 압출하였다.

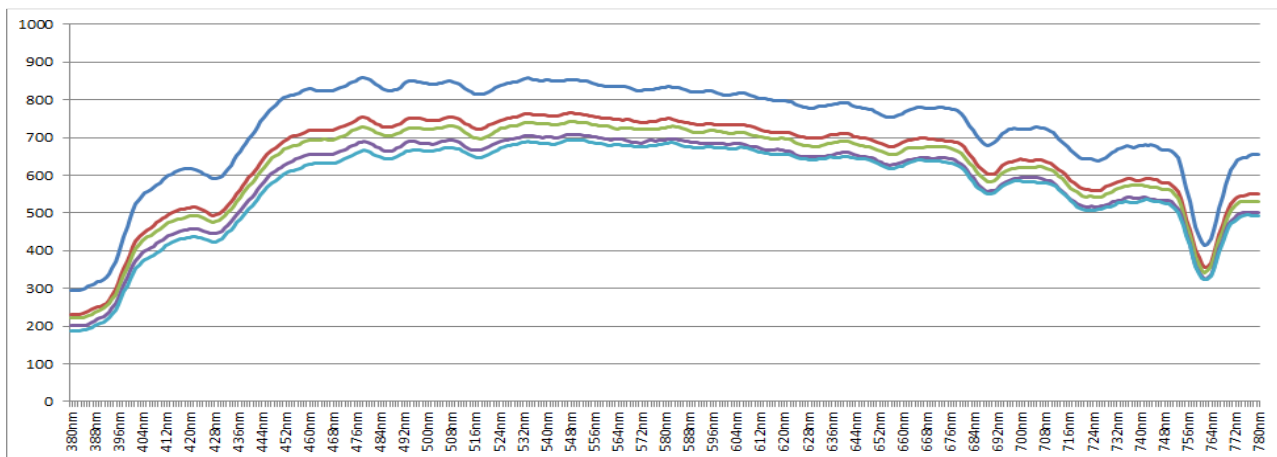
(2) 소재별 광특성 분석 (2차년도)

각각의 적외선 차폐 소재를 처방하여 압출 된 필름을 광량자속밀도측정기를 이용하여 광투과 특성 및 광질을 비교 분석하였다.

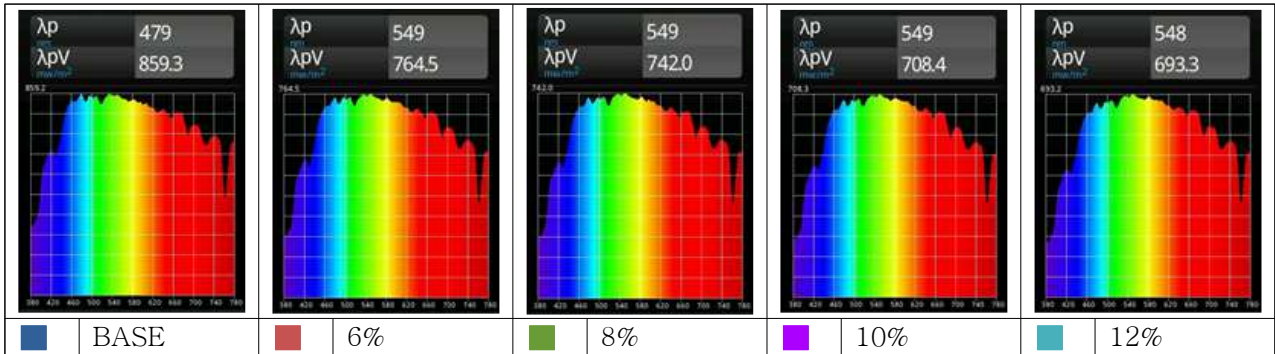
① 투명형 Type(H) 소재 평가



<그림13> 함량별 가시광선 투과율 비교



Base Film은 EVA(VA 9%) 수지로 100um 두께의 필름 압출하여 비교하였고, 투명형Type(H)의 근적외선 차폐소재를 필름 내에 6%부터 2%씩 증량하여 12%까지 각각 100um 두께의 필름을 압출하여 광량자속밀도 측정기를 이용하여 가시광 투과도를 비교 측정하였다. 투명형(H) 소재가 증가될수록 전 파장대에서 Peak의 높이가 전체적으로 감소하는 것을 확인 할 수 있다.



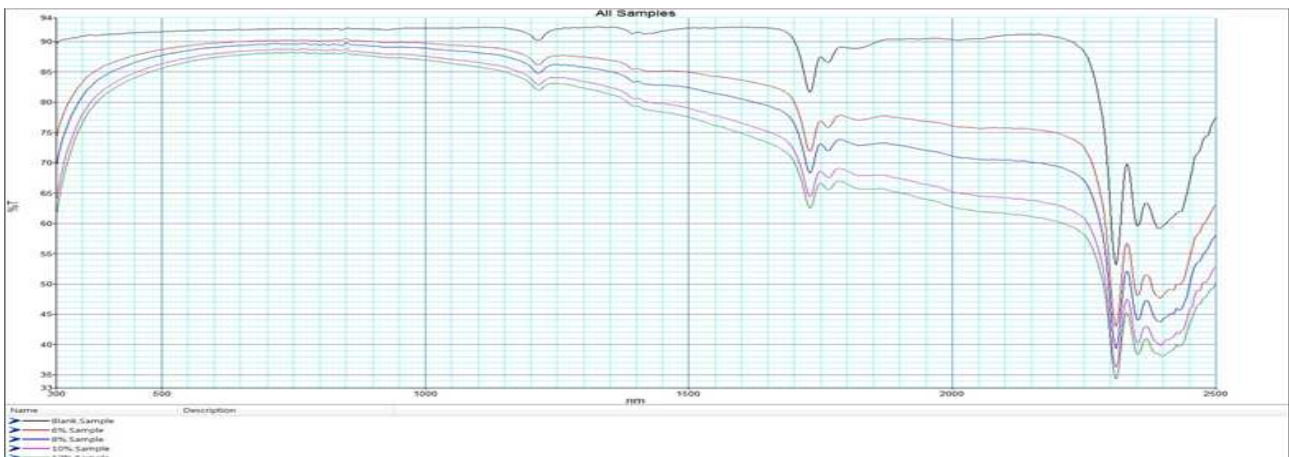
<그림14> 함량별 가시광선 영역 Spectrum 비교

λp는 가시광선영역 중에 가장 세기가 강한 파장을 뜻하며 λpV는 그 파장의 세기를 뜻한다. Base(EVA)의 λpV 값은 859mW/m²이며 투명형(H) 근적외선 차폐소재의 함량이 증가 할수록 λpV값이 감소하는 것을 확인 할 수 있다.

	LUX	PPFD	PFD-UV	PFD-B	PFD-G	PFD-R
BASE	60524	1084	24.10	281.0	388.5	422.2
6%	54060	959.7	19.19	241.8	347.2	377.5
8%	52464	929.8	18.36	233.1	336.9	366.4
10%	50063	884.7	16.76	219.2	321.5	350.3
12%	49012	864.4	15.69	210.3	314.6	345.6

<표5> 조도, 광합성 유효방사 비교

투명형(H) 근적외선 차폐소재의 함량이 증가 할수록 PPFD 값과 PFD-UV, PFD-B, PFD-R 값 모두 부분적으로 감소하는 것을 확인 할 수 있다.

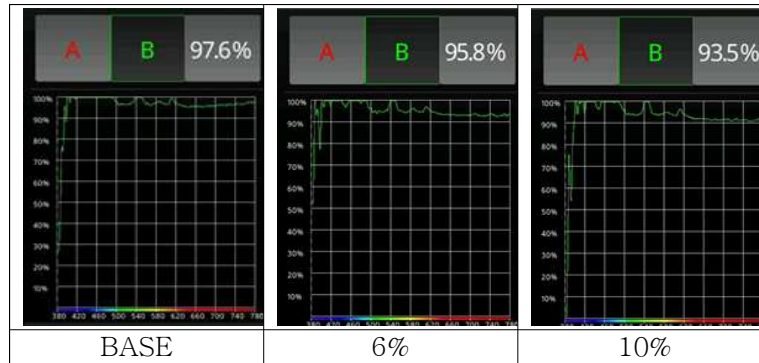


<그림15> 투명형 Type(H) 소재 함량별 NIR-Spectrometer 비교 (한국교통대학교 산학연)

투명형(H) 근적외선 차폐소재의 함량이 증가 할수록 900nm가 지나는 시점부터 흡수 Peak의 기울기가 큰 것을 확인 할 수 있다.

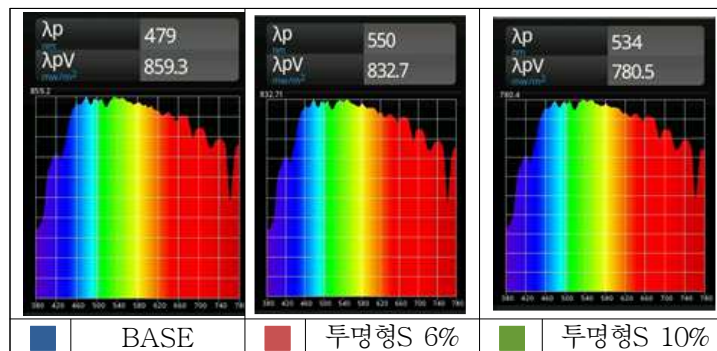
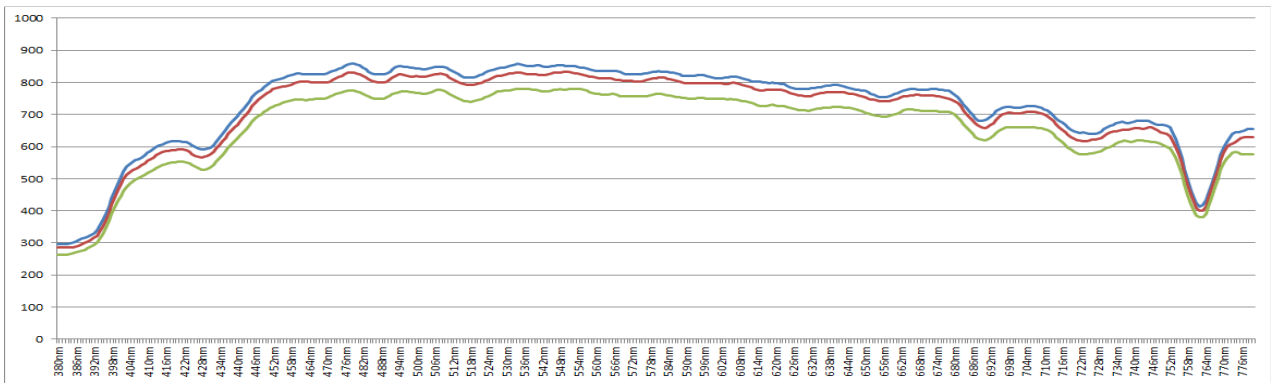
종합적으로 투명형(H) 근적외선 차폐소재는 가시광선 영역대의 광을 안정적으로 투과하면서 1000nm 까지 완만한 투과율을 보이다가 1000nm 이후의 파장대를 흡수하는 것으로 나타났다.

② 투명형 Type(S) 소재 평가



<그림16> 함량별 가시광선 투과율 비교

Base Film은 투명형 Type(H) 평가 시와 동일한 EVA(VA 9%) 수지이며, 투명형Type(S)의 근적외선 차폐소재를 필름 내에 6%와 10% 두가지를 100um 두께의 필름으로 압출하여 광량자속밀도 측정기를 이용하여 가시광 투과도를 비교 측정하였다. 투명형(S) 소재는 Reference인 EVA필름과 비슷한 수준의 가시광선영역대의 투과율을 보여주었으며 함량 10% 수준에서도 93% 이상의 투과율을 나타내었다.



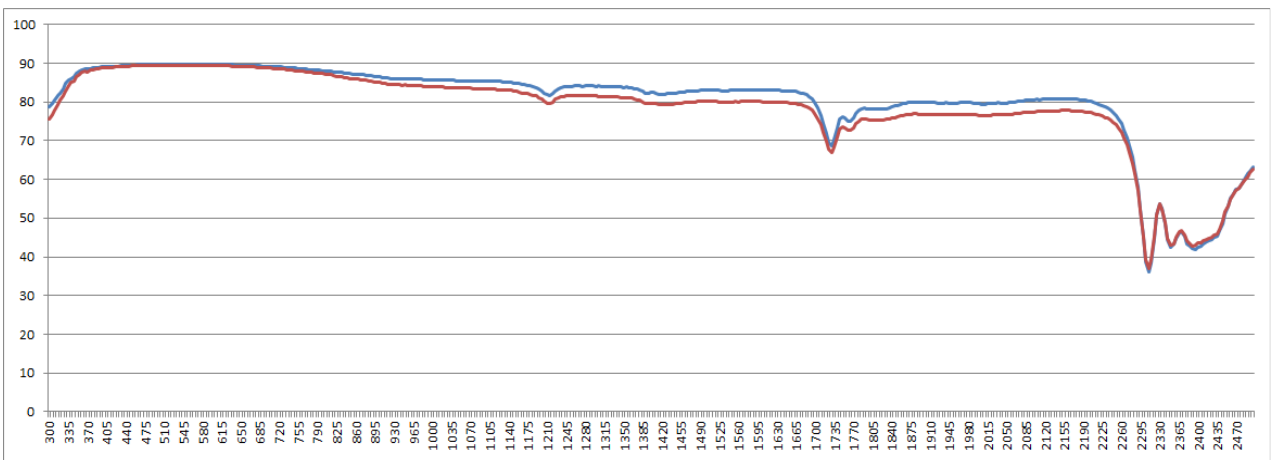
<그림17> 함량별 가시광선 영역 Spectrum 비교

스펙트럼 분석에서는 가시광선 투과율의 결과보다 λ pV 값 하락폭이 커진 것을 확인 할 수 있다.

	LUX	PPFD	PFD-UV	PFD-B	PFD-G	PFD-R
BASE	60524	1084	24.10	281.0	388.5	422.2
솔리만 6%	58873	1053	22.99	271.2	377.9	411.4
솔리만 10%	55260	987.5	21.41	253.4	354.8	386.2

<표6> 조도, 광합성 유효방사 비교

투명형(S) 근적외선 차폐소재는 EVA Film과 비교하여 PPFD의 값 차이가 크지 않은 것을 확인 할 수 있다.

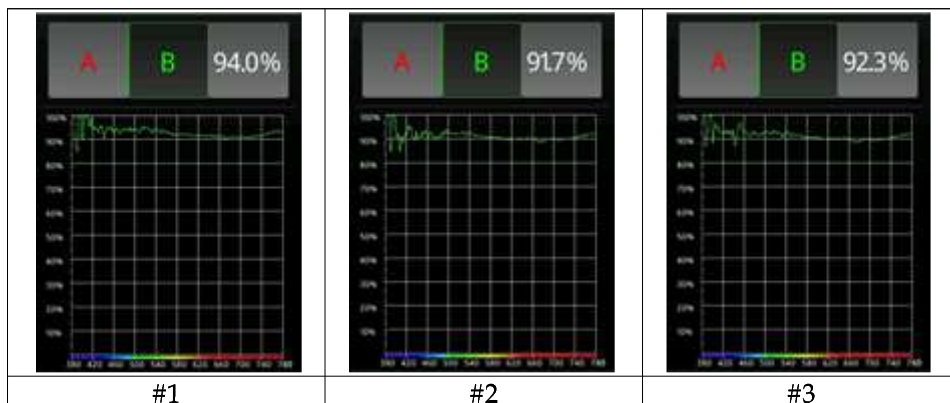


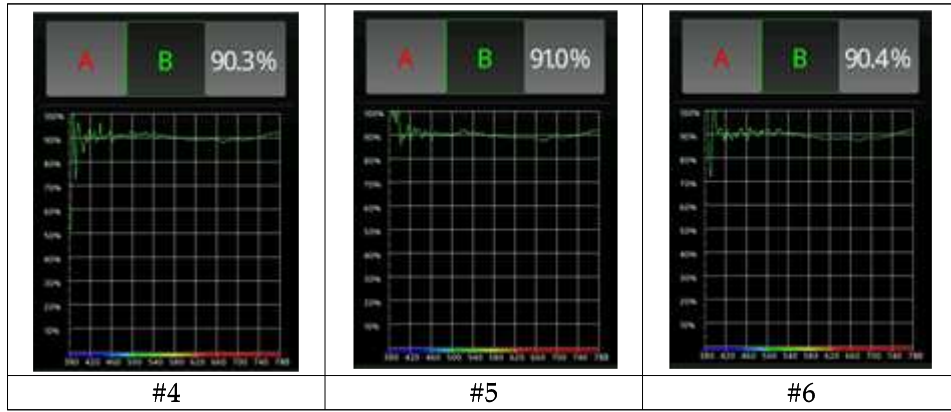
<그림18> 투명형 Type(H) 소재 함량별 NIR-Spectrometer 비교 (JACSCO, V-770)

NIR Spectrum 분석결과, 투명형 Type (S) 소재는 700nm대의 가시광선 영역구간에서는 거의 손실이 없이 투과되며 780nm 이후의 영역에서 근적외선 에너지를 흡수하는 것을 확인 할 수 있다.

③ 산란광형 Type(M) 소재 평가

산광형 Type(M) 필름은 산란광 효과를 부여할 수 있는 다수의 무기물 소재의 함량 조성에 변경을 주어 6가지 타입으로 필름을 압출하였다. 필름은 100um 두께로 압출하였다.



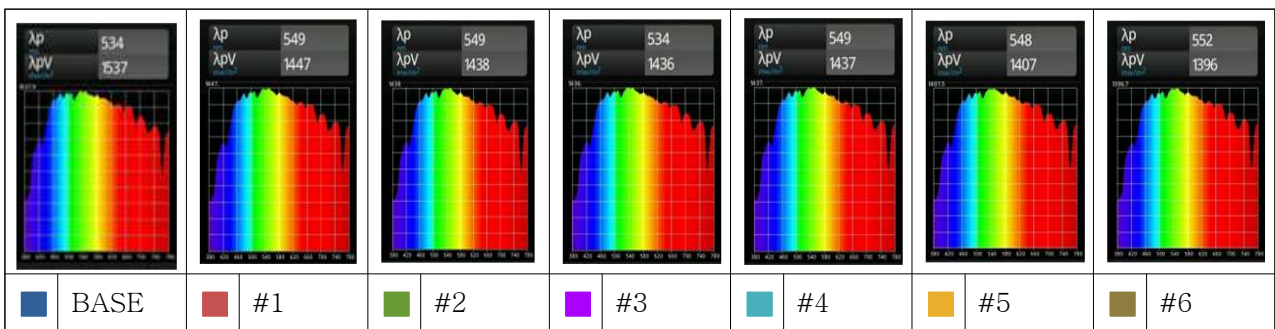
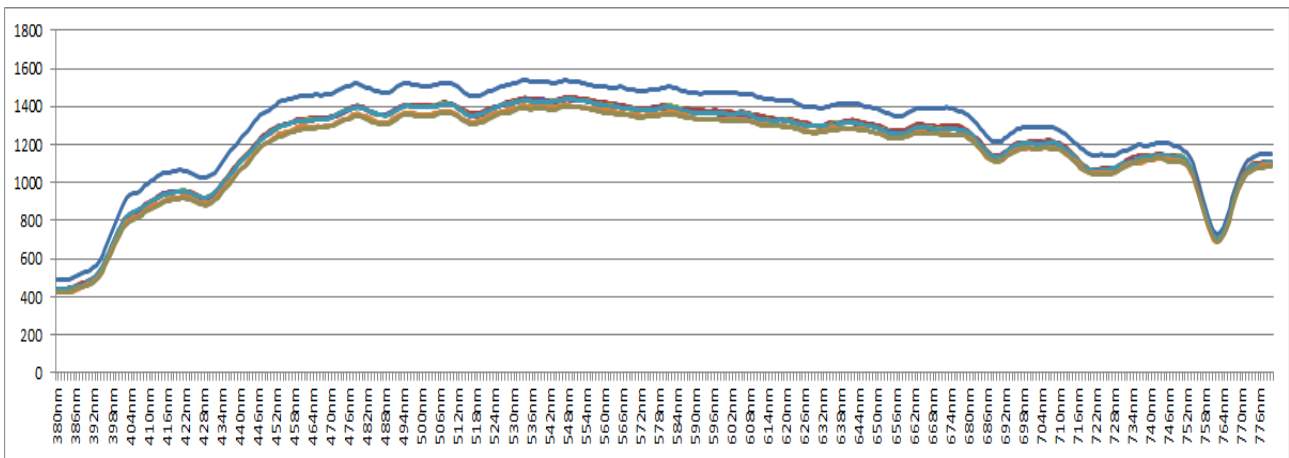


<그림19> 산광형 필름 (100um) 조성별 가시광선 투과율 비교

조성을 달리한 산광형 Type의 시료는 모두 90% 이상의 높은 투과율을 나타내었다.

	BASE	#1	#2	#3	#4	#5	#6
HAZE	8.0%	26.8	29.8	28.4	32.4	30.7	32.4

<표7> 산광형 필름 (100um) 조성별 흐림도 비교

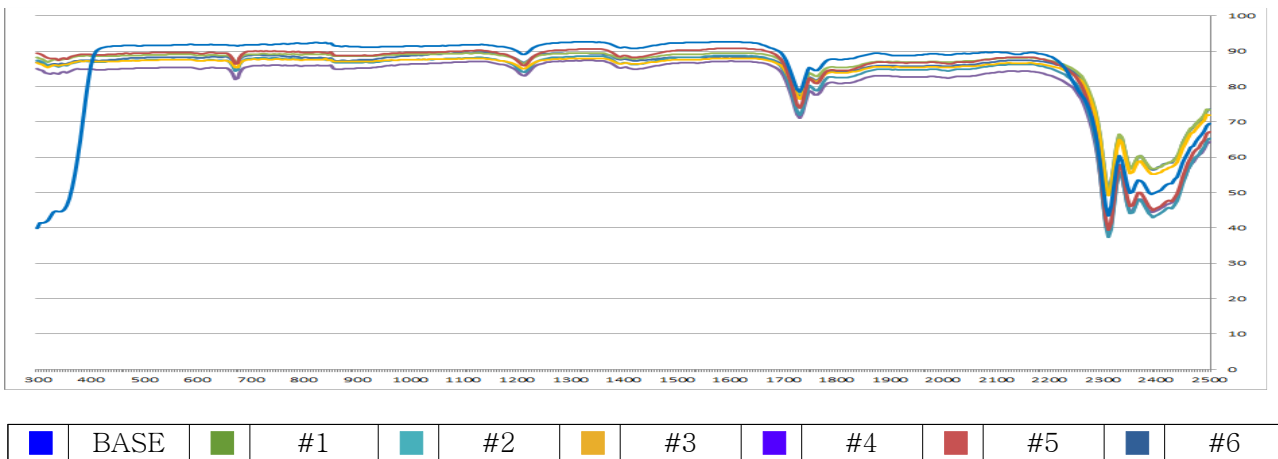


<그림20> 조성별 가시광선 영역 Spectrum 비교

HAZE(흐림도)가 BASE(EVA) 필름보다 3배 가까이 높았음에도 불구하고 λ pV 값은 투명형 Type의 소재에 비하여 상당히 높은 값을 나타내고 있다.

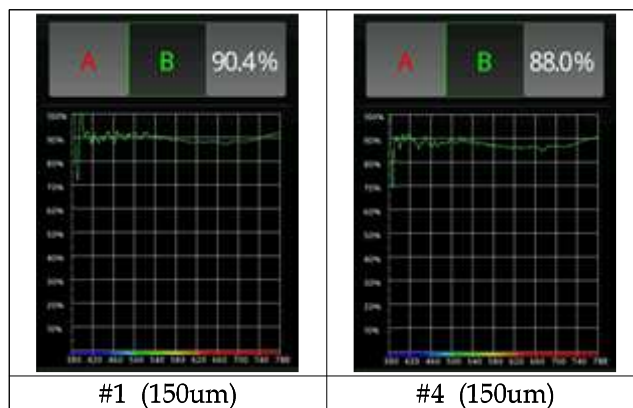
	LUX	PPFD	PFD-UV	PFD-B	PFD-G	PFD-R
#1	101696	1800	36.33	45.11	654.1	707.7
#2	101053	1787	36.09	448.8	649.9	701.8
#3	101007	1787	36.07	449.4	649.8	7010
#4	100954	1787	36.36	449.1	649.3	701.3
#5	98799	1746	35.02	436.3	635.3	687.3
#6	98158	1736	34.75	432.5	631.0	685.5

<표8> 샘플별 측정치



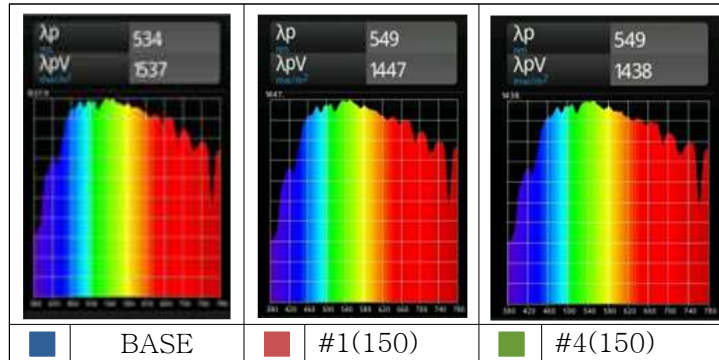
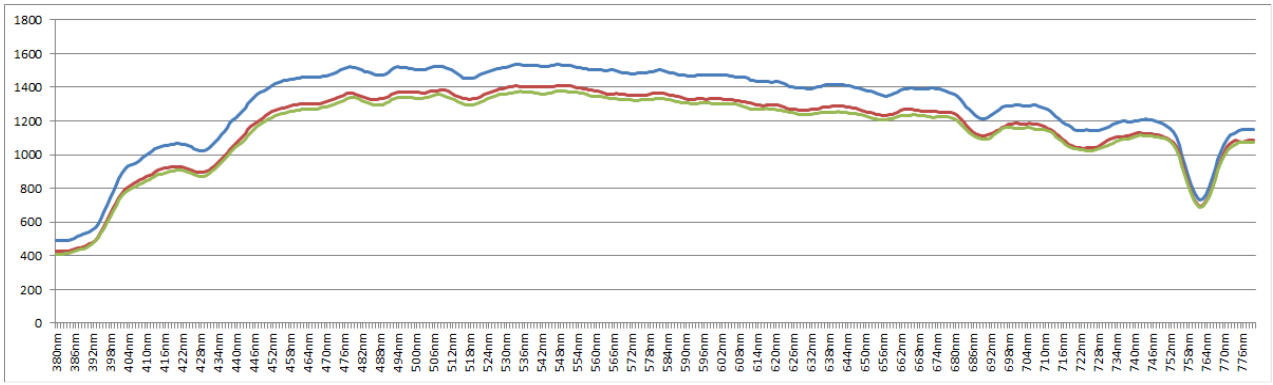
<그림21> 산광형 Type(M) 소재 조성별 NIR-Spectrometer 비교 (JACSCO, V-770)

시료 #1~#6 중, 가시광선 투과율이 비교적 높은 시료#1과 열선 차폐효과가 가장 우수한 시료 #4를 150um 두께로 재압출하여 분석하였다.

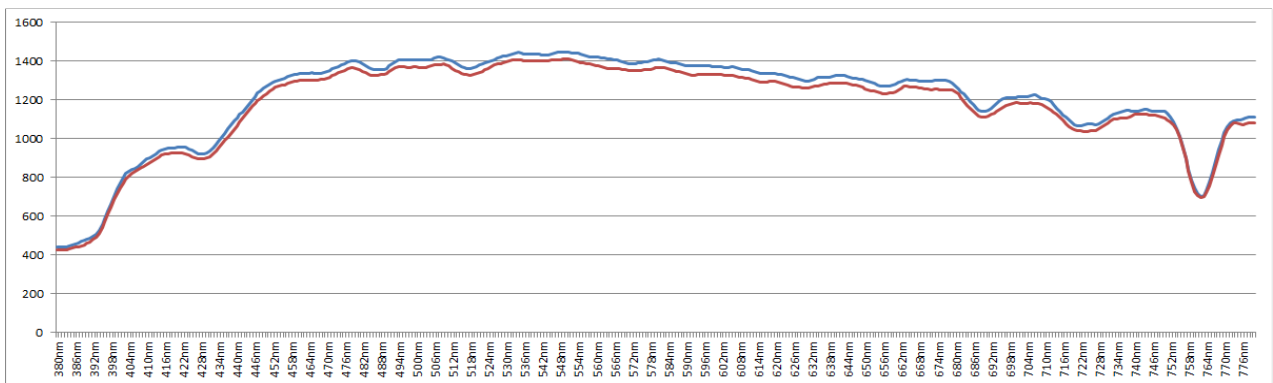


<그림22> 산광형 필름 (150um) 조성별 가시광선 투과율 비교

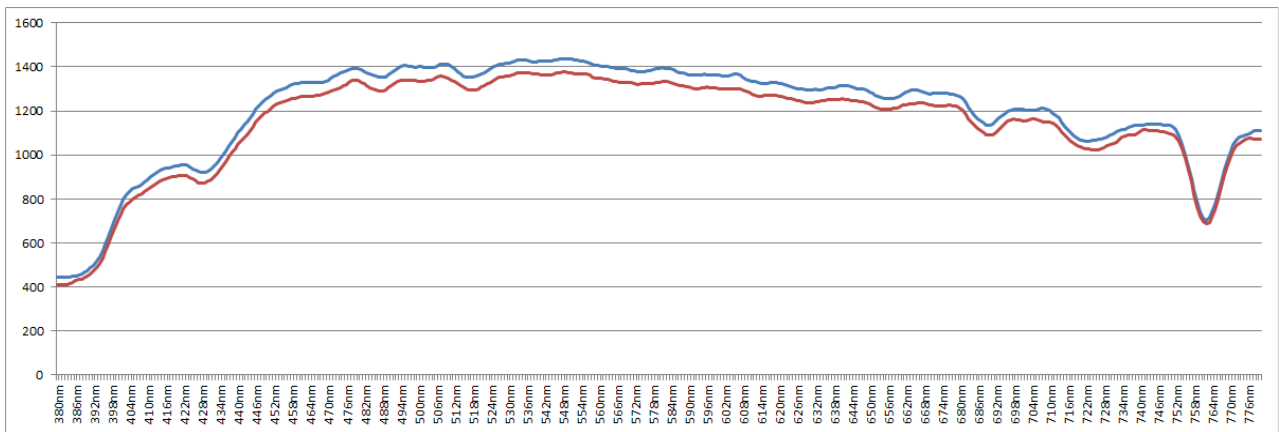
필름의 두께가 50% 상승하였음에도 불구하고 가시광선의 투과율은 100um 두께일 때보다 3~4% 수준으로 비교적 높은 투과율을 나타내었다.



<그림23> 산광형 Type 150um 조성별 가시광선 영역 Spectrum 비교

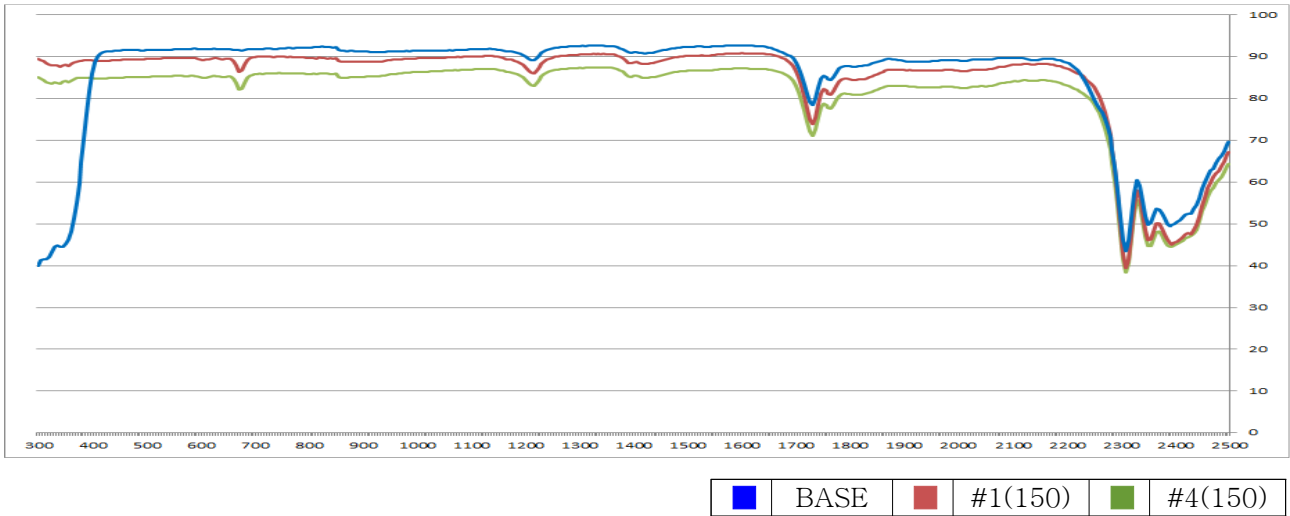


<그림24> 시료 #1의 100um & 150um Spetrum 비교



<그림25> 시료 #4의 100um & 150um Spetrum 비교

동일 조성으로 100um과 150um의 두께별 투과 차이는 다소 발생하였으나, 150um에서 시료 #1과 #4 간의 Spectrum은 큰 차이 없음을 확인 할 수 있었다. 시료 #4가 시료#1보다 흐림도가 다소 높지만 가시광선 차폐와는 거의 무관하다는 것을 알 수 있다.



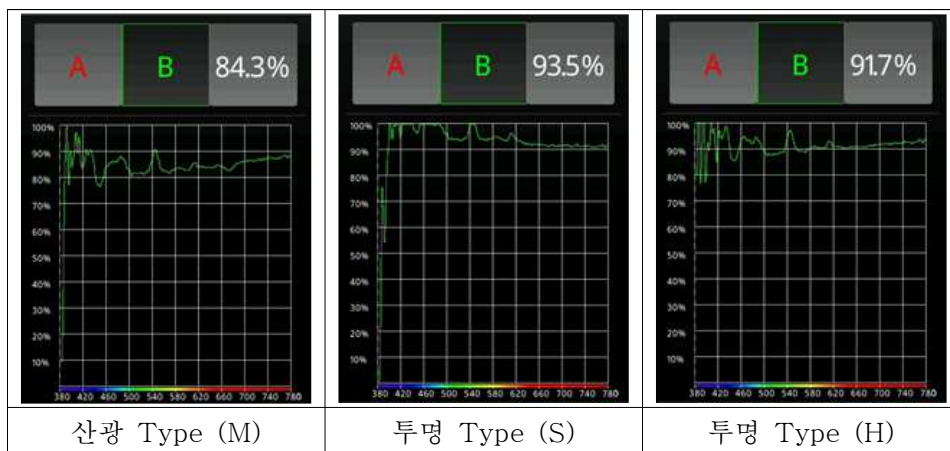
<그림26> 산광형 Type(M) 소재 조성별 NIR-Spectrometer 비교 (JACSCO, V-770)

시료 #4 조성이 시료 #1의 조성 대비 근적외선 구간에서의 차폐효과가 더 큰 것을 확인 할 수 있다.

(3) 근적외선차폐 소재간 특성 비교 실험

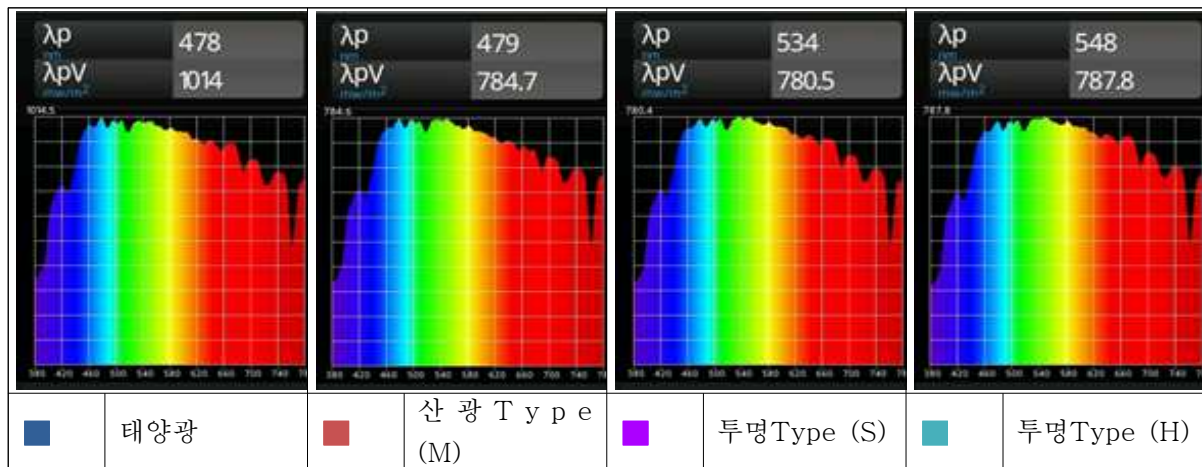
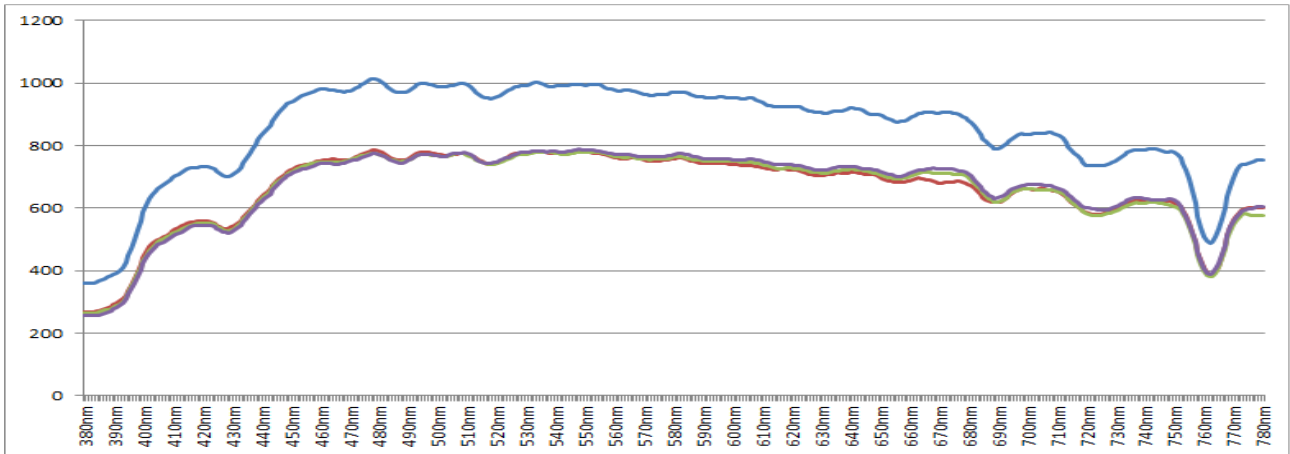
앞서 평가하였던 소재간 함량별 광학특성 및 근적외선 차폐 효과분석 결과를 평가하여 각 소재별 적정 함량을 선정하였고 각 소재를 처방하여 두께 150um의 3종의 시제품을 제작하였다. 시제품은 산광형 Type(M) 1종과 투명형 Type (S), (H) 2종을 제작하여 광특성과 근적외선 차폐 성능을 측정하였다.

① 가시광선 영역 광특성 분석



<그림27> 근적외선 차폐 소재별 가시광선 투과율 비교

근적외선 차폐소재가 처방된 세가지 Type의 필름 모두 80% 이상의 높은 투과율을 나타내었고, 투명 Type의 2종은 90% 이상의 투과율을 나타내었다. 투명(S)는 550nm를 기점으로 550nm이후의 영역에서 Peak가 감소하는 현상이 있으나 투명(H)는 380nm부터 고르게 Peak가 감소되어 투과되는 것을 확인 할 수 있다. 산란광 Type의 소재의 경우, 가시광선 영역대의 파장을 85% 수준으로 투과하였으나, 산란되어지는 양이 제외되어 실제로 필름을 투과되는 전광선은 더 상승할 것으로 판단된다.



<그림28> 근적외선 차폐 소재별 Spectrum 비교

λp 는 가시광선영역 중에 가장 세기가 강한 파장을 뜻하며 λpV 는 그 파장의 세기를 뜻한다. 태양광의 λpV 값은 1014mW/m²이며 산광 Type과 2종의 투명 Type 필름 모두 780mW/m²대의 유사한 값을 나타내었다.

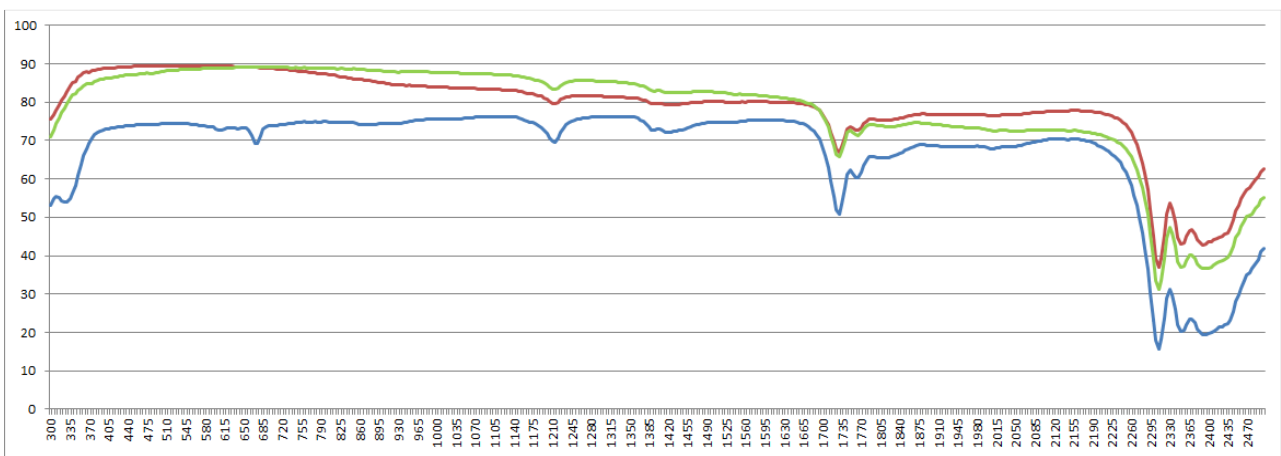
② 조도, 광합성 유효 방사

	LUX	PPFD	PFD-UV	PFD-B	PFD-G	PFD-R
태양광	70639	1267	29.22	332.7	453.7	490.0
산광Type (M)	55121	983.4	21.87	255.9	354.3	380.1
투명Type (S)	55260	987.5	21.41	253.4	357.8	386.2
투명Type (H)	55722	994.3	20.92	251.5	357.7	392.1

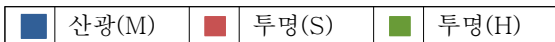
<표9> 근적외선 차폐 소재별 조도, 광합성 유효방사 비교

근적외선 소재간 적외선, 가시광선 영역에서 큰 차이 없이 측정되었다. 세가지 Type의 근적외선 차폐 소재 간, 직광에 의한 투과도 차이는 있으나 하우스 내로 투과되는 전체광(직광&산란광)의 양은 흡사한 것으로 판단된다.

③ NIR-Spectrum 측정 결과



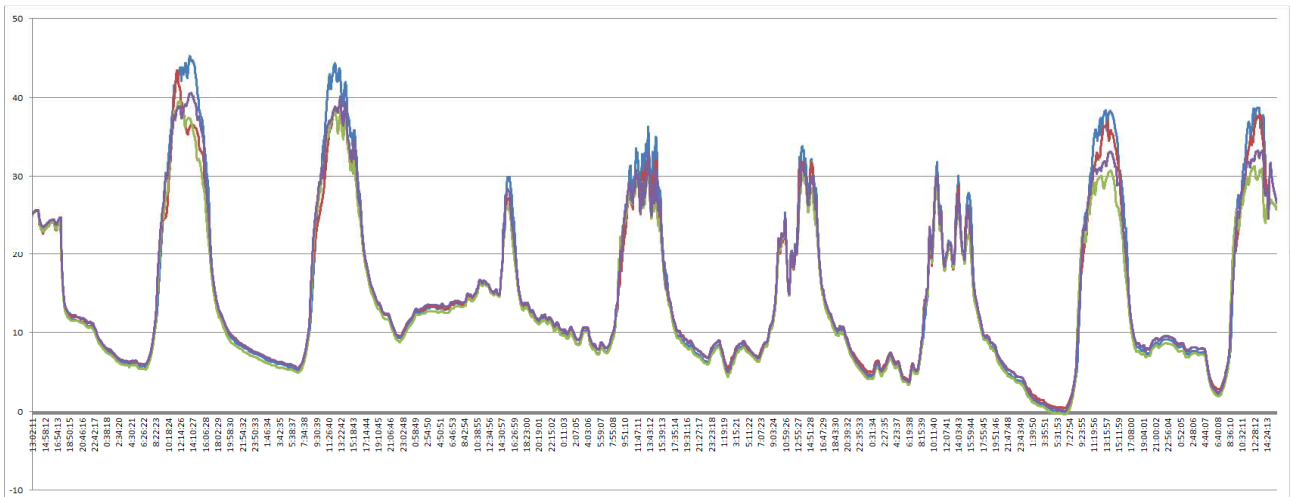
<그림29> 근적외선 차폐 소재별 NIR 측정



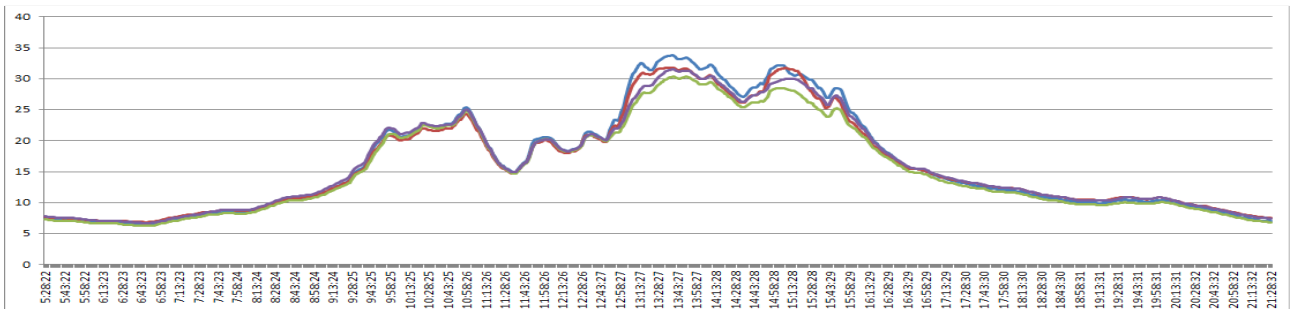
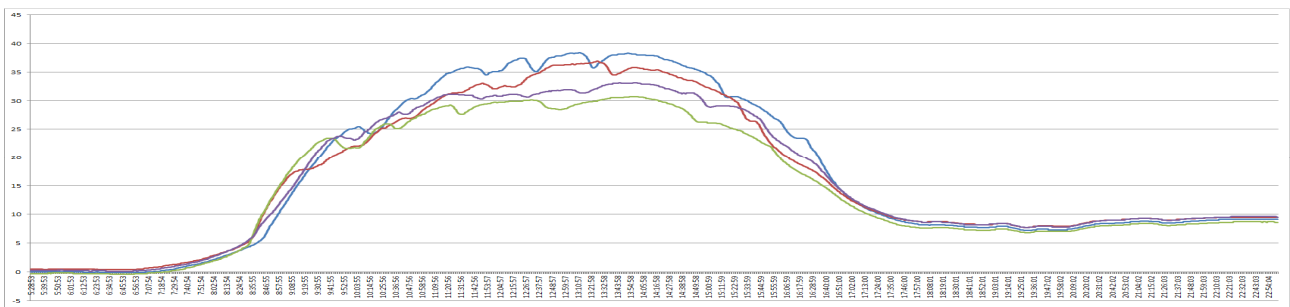
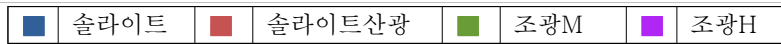
산광Type(M)은 가시광선/근적외선 전구간에 대해서 고르게 70% 대의 투과율을 나타내었고, 투명 Type (H)는 가시광선 구간부터 900nm 영역까지 90% 근방의 높은 투과율을 보이다가 1000nm 이상부터 투과율이 감소하는 현상이 나타났다. 투명Type(S)는 780nm부터 근적외선 영역에서 투명 Type(H)보다 완만하게 투과율이 감소하다가 170nm부터 투과율이 역전되는 현상이 나타났다.

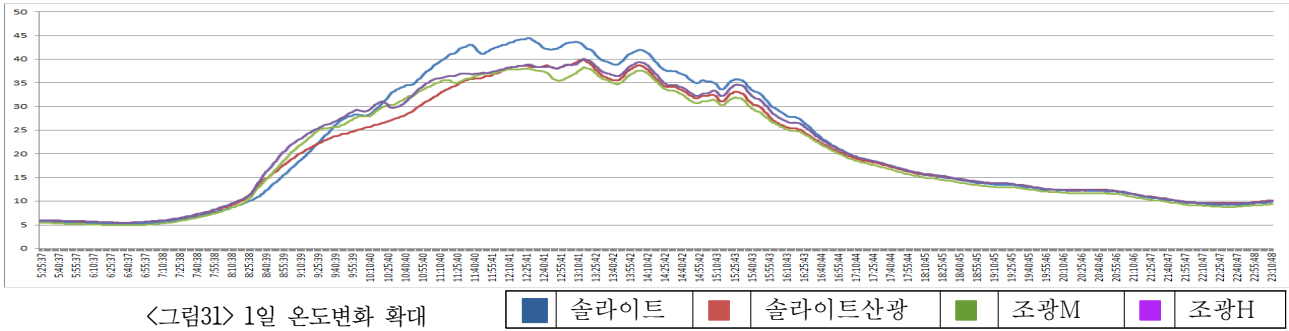
(4) 근적외선 차폐 소재간 온도변화 평가

최근, 이상 고온으로 인한 농작물 피해가 급증하면서 관행적으로 사용하는 투명한 필름에서 하우스 내로 들어오는 직사광선을 분산시켜 산란효과를 주는 산광형 필름의 수요가 점진적으로 증가하고 있다. 산광형 Type(조광M)은 상추와 같이 연중 재배를 목적으로 하는 엽채류의 하절기 재배용 시장을 염두 해 둔 제품으로 투명형 Type(조광H) 보다 열적요인을 비교적 극단적으로 차폐하는 성능을 부여하였다. 각 근적외선 차폐소재를 3종을 두께 150um의 필름으로 압출하여 소형 하우스에 피복할 수 있도록 시제품을 제작하였다.



〈그림30〉 7일간의 소형하우스 온도변화





7일간의 소형하우스 온도 변화를 관찰 하였으며 아래 그림은 하우스별 온도 차이를 명확히 확인하기 위하여 확대 해보았다. 온도가 가장 높은 1시에서 2시 사이의 온도를 확인한 결과 솔라이트가 가장 높게 측정되었으며 솔라이트산광, 조광H, 조광M 순이었다.

(5)근적외선 차폐소재 Scale-Up 평가 (3차년도)

Lab Test에서 근적외선 차폐 소재별 근적외선 영역의 투과율을 측정해 그 효과를 확인하였다. 그리고 소형하우스에 각각의 샘플들을 띄워 7일간의 시설내부온도 변화를 살펴어 각 소재별 열 차단 효과를 확인해보았다. 당해 연도 연구에서는 Test를 Scale-Up하여 실제 현장 조건에서도 근적외선 차폐 소재의 열 차단효과가 Lab Test결과와 일치하는지 알아보고, 그 기간을 하절기와 동절기로 나누어 실제 환경에서 작물재배에 도움이 되는지 평가하였다.

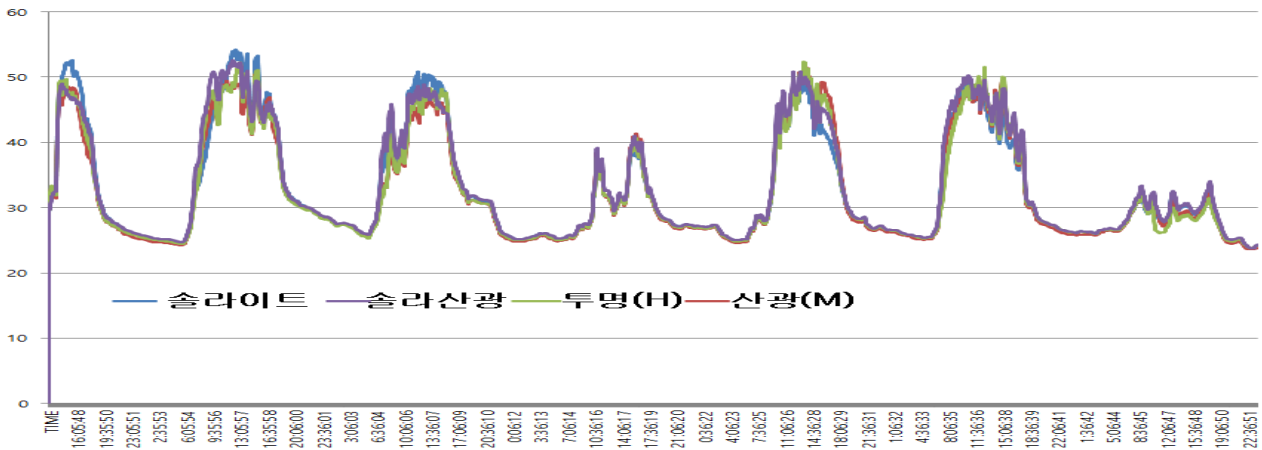
(가)하절기 적외선 차폐 소재별 FIELD 평가

하절기 TEST 기간은 2019년 8월 9일부터 8월 31일까지로 폭염조건 시 적외선 차폐소재가 기존 필름보다 시설내부의 온도 상승을 급격하게 막을 수 있는지를 비교하였다. 아래의 표는 일자별 기상청에서 제공한 최고온도와 최저온도를 같이 기록하였으며 기존대비 각 적외선 차폐소재별 시설 내부의 평균온도가 얼마나 낮은지를 비교하여 평가하였다.

① 8월 초순(2019년 8월 9일 - 2019년 8월 15일)

8.9(최고:33.5°C, 최저:22.3°C)					8.10(최고:35.9°C, 최저:22.4°C)				
	솔라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)		솔라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	36.78	35.66	35.33	34.92	평균온도	36.10	36.57	35.56	35.28
최고온도	52.6	49	49.7	49	최고온도	54.2	52.6	52.2	50.6
최저온도	25.9	26	25.7	25.3	최저온도	24.6	24.7	24.5	24.2
8.11(최고:35.2°C, 최저:24.5°C)					8.12(최고:30.3°C, 최저:24.2°C)				
	솔라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)		솔라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	35.05	34.95	33.91	33.54	평균온도	28.87	29.20	28.78	28.75
최고온도	50.8	48.9	48.3	47.1	최고온도	39.3	41	40.7	41.4
최저온도	25.5	25.6	25.3	25	최저온도	25.2	25.2	25	24.8
8.13(최고:34.7°C, 최저:23.9°C)					8.14(최고:34.8°C, 최저:23.3°C)				
	솔라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)		솔라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	33.09	33.85	33.63	33.87	평균온도	34.36	35.14	34.45	35.14
최고온도	50.3	50.9	52.4	51.6	최고온도	49.7	50.3	51.5	50.3
최저온도	24.6	24.7	24.5	24.2	최저온도	25.3	25.4	25.3	25.4
8.15(최고:26.9°C, 최저:22.8°C)									
	솔라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)					
평균온도	27.88	28.17	27.32	27.53					
최고온도	33.5	34.1	32	33					
최저온도	23.7	23.8	23.8	23.6					

<표10> 8월 초 시설하우스 온도표



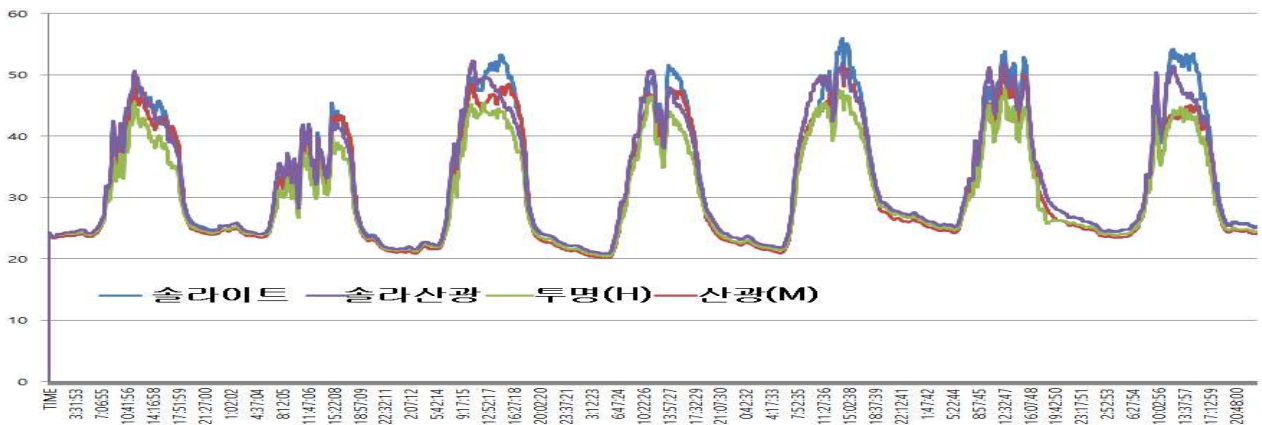
<그림32> 8월 초 시설하우스 온도그래프

8월 초순에는 산광(M), 투명(H)샘플의 평균온도가 낮았으며 모든 적외선 차폐소재는 기존 샘플보다 평균온도가 낮아 적외선 차폐소재의 열 차단성을 확인할 수 있었다.

② 8월 중순(2019년 8월 16일 - 2019년 8월 22일)

8.16(최고:29.7°C, 최저:21.6°C)					8.17(최고:28°C, 최저:18.5°C)				
	슬라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	32.58	32.42	30.32	31.68	평균온도	30.32	30.07	28.33	29.45
최고온도	50.2	50.7	45.4	48.7	최고온도	45.5	42.5	40	43.5
최저온도	23.5	23.5	23.5	23.3	최저온도	21.7	21.7	21.4	21.1
8.18(최고:29.8°C, 최저:18.1°C)					8.19(최고:31.1°C, 최저:17.5°C)				
	슬라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	33.52	32.80	30.55	32.06	평균온도	32.15	31.98	30.01	30.95
최고온도	53.3	52.3	45.4	48.5	최고온도	51.6	50.8	46.5	47.9
최저온도	21.4	21.5	21.2	20.9	최저온도	20.7	20.8	20.4	20.1
8.20(최고:31.9°C, 최저:18.8°C)					8.21(최고:31.5°C, 최저:20.5°C)				
	슬라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	34.41	34.52	32.37	33.06	평균온도	34.13	34.28	31.61	32.52
최고온도	56	52	47.6	51.3	최고온도	53.8	52	47.9	50.9
최저온도	21.6	21.8	21.4	20.9	최저온도	25.1	25.2	24.7	24.2
8.22(최고:29.9°C, 최저:22.1°C)									
	슬라이트	솔라산광	투명(H)	산광(M)					
평균온도	33.96	33.14	30.80	31.04					
최고온도	54.2	51.5	44.7	45.1					
최저온도	24.4	24.4	23.8	23.4					

<표11> 8월 중순 시설하우스 온도표



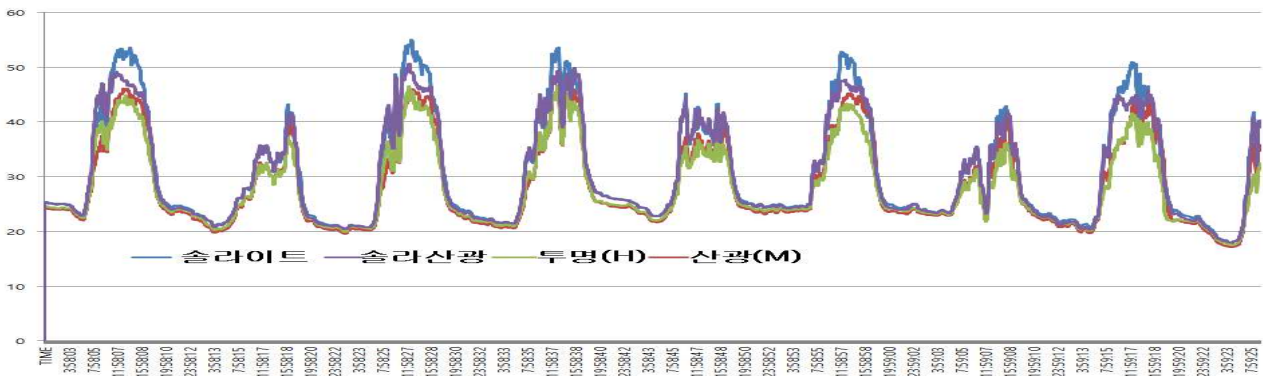
<그림33> 8월 중순 시설하우스 온도

8월 중순경에는 투명(H)샘플의 평균온도가 가장 낮아 폭염에서도 투명(H) 적외선 차폐 소재의 열 차단 효과가 가장 우수함을 확인할 수 있었다.

③ 8월 하순(2019년 8월 23일 - 2019년 8월 31일)

8.23(최고:29.5°C, 최저:20.2°C)				8.24(최고:27.3°C, 최저:17.4°C)					
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	34.15	33.37	30.93	31.03	평균온도	27.07	26.95	25.41	25.39
최고온도	53.6	49.2	44.9	46.1	최고온도	43.3	41.7	37.5	39.6
최저온도	23	22.8	22.4	22	최저온도	20.9	20.8	20.2	19.8
8.25(최고:29°C, 최저:16.4°C)				8.26(최고:30.9°C, 최저:17.5°C)					
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	32.40	31.75	29.21	29.26	평균온도	32.41	32.11	29.74	29.64
최고온도	55	50.6	46.6	46	최고온도	53.6	49.9	46.6	46.7
최저온도	20.3	20.4	19.9	19.5	최저온도	21.3	21.4	20.9	20.5
8.27(최고:28.8°C, 최저:20.7°C)				8.28(최고:29.4°C, 최저:19.9°C)					
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	30.14	30.15	27.70	28.06	평균온도	32.90	32.21	29.80	30.56
최고온도	45.2	44.6	38.6	40.8	최고온도	52.8	47.8	43.4	45.2
최저온도	22.7	22.7	22	21.6	최저온도	24.2	23.9	23.6	23.1
8.29(최고:27.3°C, 최저:18.4°C)				8.30(최고:27.2°C, 최저:16.3°C)					
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	28.21	28.06	26.07	26.58	평균온도	31.24	30.47	27.51	28.48
최고온도	42.9	41.8	36.2	40.6	최고온도	51	45.9	41.6	44.4
최저온도	22.4	22	21.8	21.5	최저온도	20.5	20.3	20.1	19.6
8.31(최고:28°C, 최저:15°C)									
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	31.09	30.68	28.26	28.68					
최고온도	41.8	40.8	32.4	36					
최저온도	17.9	17.9	17.4	17.1					

<표12> 8월 하순 시설하우스 온도표



<그림34> 8월 하순 시설하우스 온도표

종합하였을 때, 하절기 적외선 차폐소재 Field Test결과 시설 내부의 평균온도가 투명(H)제품이 낮아 폭염조건에서 시설내부의 급격한 온도상승을 가장 효과적으로 막아주었다. 또한, 기상청에서 제공한 일자별 최고온도가 높아질 때 모든 적외선 차폐소재에서 관행필름 대비 최고온도가 낮아짐 확인할 수 있어 적외선 차폐소재가 외부온도의 유입을 막아 작물의 성장에 도움을 줄 수 있었다.

(나)동절기 적외선 차폐 소재별 FIELD 평가

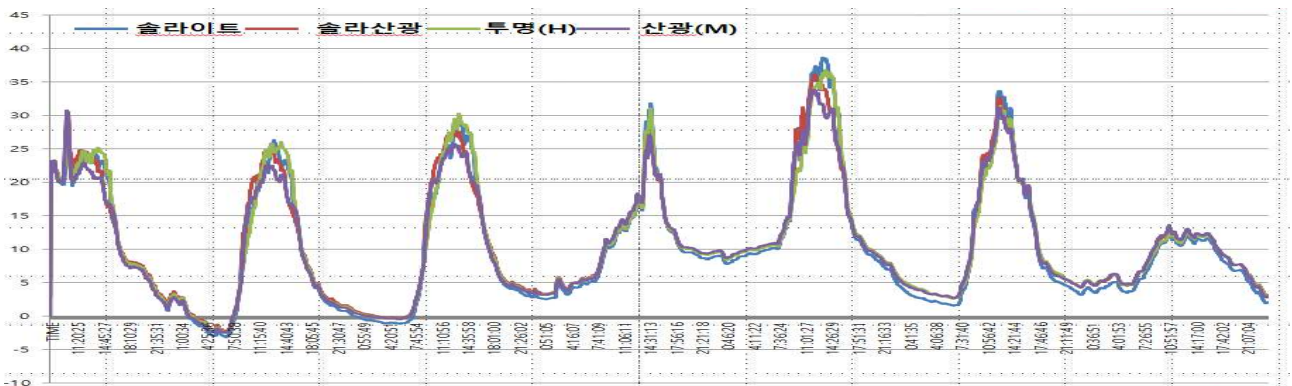
동절기 TEST 기간은 2019년 11월 07일부터 12월 10일까지로 저온조건 시 적외선 차폐소재가 기존 필름보다 시설내부의 열에너지를 외부로 방출시키지 않고 작물생장에 도움을 줄 수 있는지를 평가하였다. 아래의 표는 일자별 기상청에서 제공한 최고온도와 최저온도를 같이 기록하였으며 기존대비 각 적외선 차폐소재별 시설 내부의 동절기 평균온도가 얼마나 높은지를

비교하여 평가하였다.

① 11월 초순(2019년 11월 7일 - 2019년 11월 13일)

11.07(최고:14.9°C 최저:0.2°C)					11.08(최고:13.1°C 최저:-4.0°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	14.39	13.89	14.98	14.72	평균온도	6.98	6.77	7.40	7.44
최고온도	29.2	30.8	29.2	30.1	최고온도	26.3	22.6	26.0	25.4
최저온도	0.8	1.1	1.4	1.6	최저온도	-3.2	-2.5	-2.5	-2.3
11.09(최고:17.1°C 최저:-2.5°C)					11.10(최고:16.5°C 최저:1.0°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	8.91	8.79	9.35	9.25	평균온도	10.24	10.67	10.63	10.61
최고온도	30.1	25.8	30.3	27.8	최고온도	31.8	27.1	31.0	27.9
최저온도	-1.2	-0.5	-0.5	-0.4	최저온도	2.5	3.2	3.2	3.3
11.11(최고:17.2°C 최저:4.6°C)					11.12(최고:16.1°C 최저:0.8°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	15.80	15.45	15.81	15.85	평균온도	10.58	11.05	10.97	11.21
최고온도	38.6	33.8	36.8	36.1	최고온도	33.6	31.2	31.4	32.7
최저온도	4.0	5.0	5.2	5.1	최저온도	1.5	2.7	2.6	2.6
11.13(최고:12.1°C 최저:2.5°C)									
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)					
평균온도	7.23	8.21	8.05	8.12					
최고온도	12.6	13.6	12.6	13.4					
최저온도	1.9	2.8	2.9	3.1					

<표13> 11월 초순 시설하우스 온도표

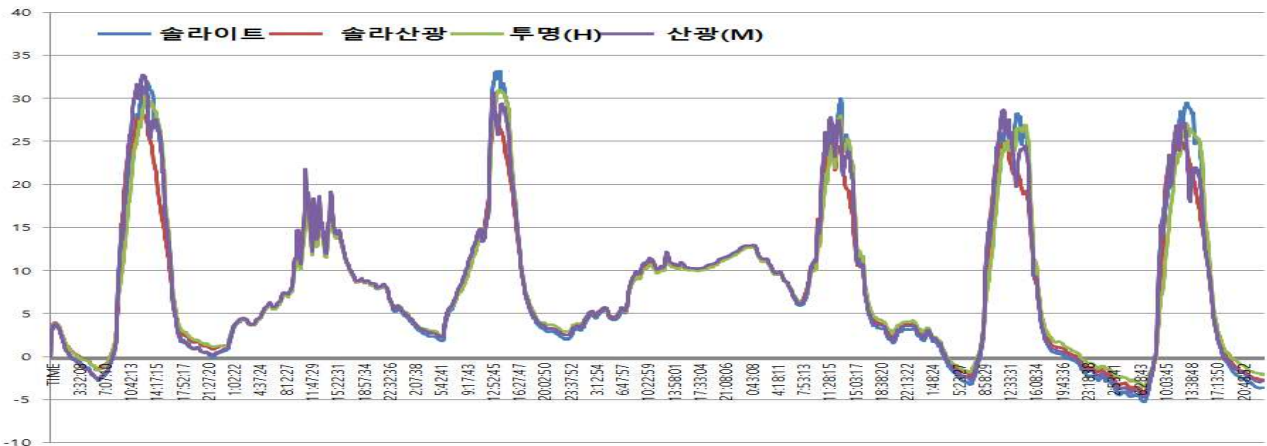


<그림35> 11월 초순 시설하우스 온도그래프

② 11월 중순(2019년 11월 14일 - 2019년 11월 20일)

11.14(최고:6.6°C 최저:-3.5°C)					11.15(최고:11.1°C 최저:-3.3°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	7.52	6.39	7.72	7.29	평균온도	8.67	8.67	8.49	8.69
최고온도	32.0	26.4	30.4	28.2	최고온도	20.6	18.9	17.9	20.1
최저온도	-2.8	-2.4	-1.6	-1.6	최저온도	0.7	0.9	1.2	1.3
11.16(최고:14.3°C 최저:1.2°C)					11.17(최고:13.4°C 최저:1.8°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	9.33	8.48	9.43	8.85	평균온도	8.56	8.69	8.53	8.63
최고온도	33.2	25.3	31.0	27.3	최고온도	12.6	12.6	12.5	12.6
최저온도	1.8	2.3	2.4	2.2	최저온도	2.3	2.9	3.2	2.8
11.18(최고:13.7°C 최저:1.0°C)					11.19(최고:7.1°C 최저:-4.1°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	10.80	9.89	10.85	10.41	평균온도	6.47	6.56	6.80	6.12
최고온도	30.0	23.5	28.0	24.8	최고온도	28.3	28.7	27.0	25.0
최저온도	1.5	1.9	2.6	2.2	최저온도	-3.3	-2.8	-1.9	-2.3
11.20(최고:7.1°C 최저:-6.0°C)									
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)					
평균온도	4.94	4.66	5.23	4.58					
최고온도	29.5	27.2	27.1	25.2					
최저온도	-5.3	-4.8	-3.5	-4.3					

<표14> 11월 중순 시설하우스 온도표



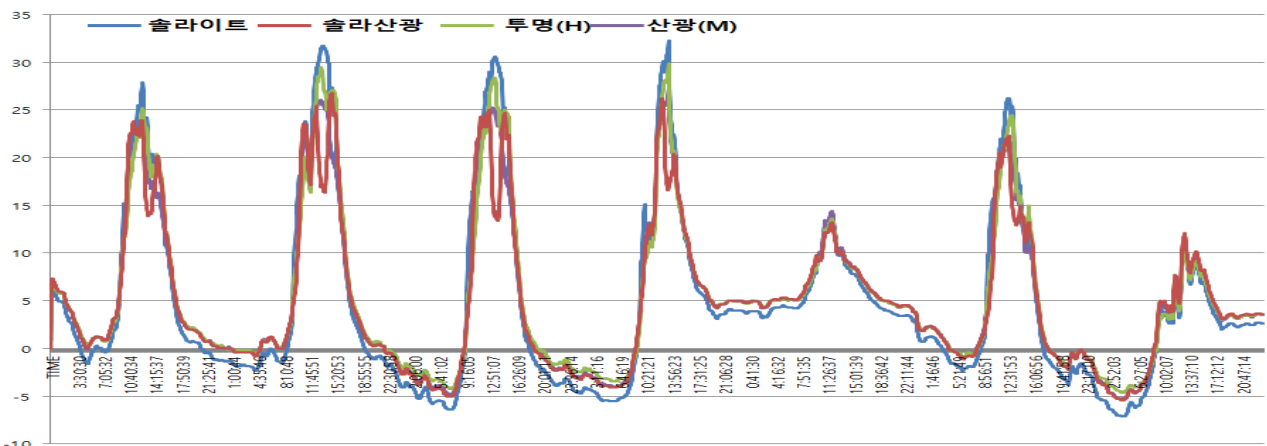
<그림36> 11월 중순 시설하우스 온도그래프

11월 초, 중순경에는 기온이 점차 낮아질수록 투명(H)제품의 평균온도가 높아짐을 확인하였다

③ 11월 하순(2019년 11월 27일 - 2019년 12월 3일)

11.27(최고:8.0°C 최저:-0.9°C)				11.28(최고:10.8°C 최저:-2.5°C)					
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	6.34	6.76	6.96	6.76	평균온도	6.42	6.24	6.88	6.47
최고온도	27.9	23.9	25.2	23.3	최고온도	31.7	26.8	29.5	26.1
최저온도	-1.6	0.0	0.1	-0.1	최저온도	-3.0	-1.6	-1.1	-1.6
11.29(최고:9.1°C 최저:-6.3°C)				11.30(최고:10.8°C 최저:-5.6°C)					
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	4.12	3.82	4.77	4.15	평균온도	4.97	5.06	5.52	5.38
최고온도	30.6	25.0	28.4	25.3	최고온도	32.3	26.2	29.9	27.3
최저온도	-6.4	-5.0	-4.2	-4.8	최저온도	-5.5	-4.1	-3.4	-4
12.01(최고:7.0°C 최저:3.0°C)				12.02(최고:5.4°C 최저:-3.2°C)					
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	5.76	6.52	6.46	6.61	평균온도	4.12	4.22	4.64	4.46
최고온도	14.1	13.2	13.6	14.4	최고온도	26.2	22.3	24.5	21.7
최저온도	2.2	3.0	3.2	3.1	최저온도	-3.8	-2.2	-2.0	-2.1
12.03(최고:2.9°C 최저:-7.3°C)									
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)		슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	0.64	1.92	1.73	1.75					
최고온도	11.3	12.1	10.6	11.7					
최저온도	-7.1	-5.4	-4.6	-5.3					

<표15> 11월 하순 시설하우스 온도표

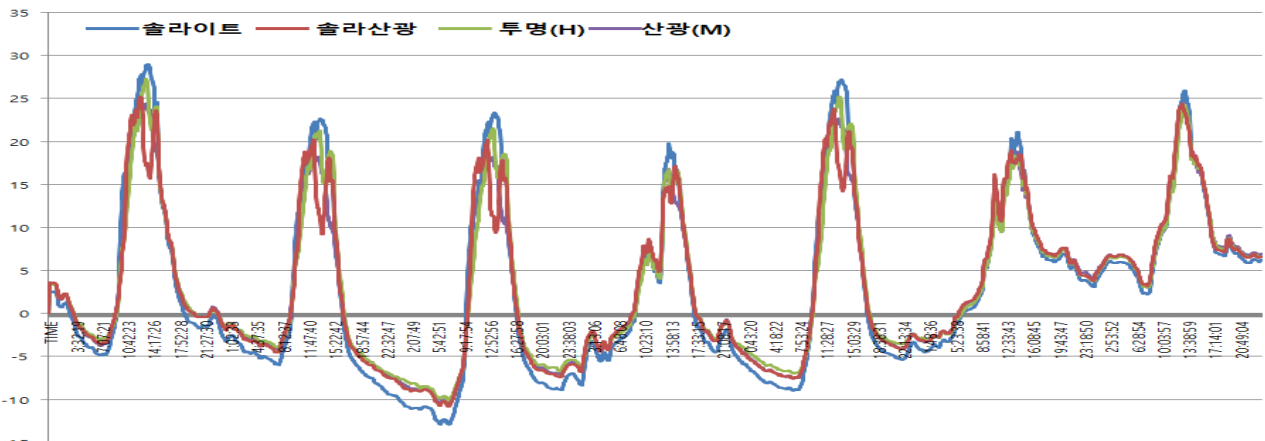


<그림37> 11월 하순 시설하우스 온도그래프

④ 12월 초순(2019년 12월 04일 - 2019년 12월 10일)

12.04(최고:8.8°C 최저:-4.1°C)				12.05(최고:1.9°C 최저:-8.4°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	5.28	5.12	5.38	5.19	0.56	0.86	1.40	0.87
최고온도	29.0	25.2	27.3	24.4	22.7	20.2	21.3	18.2
최저온도	-4.9	-3.6	-3.1	-3.7	-9.6	-7.6	-7.3	-7.5
12.06(최고:0.1°C 최저:-12.5°C)				12.07(최고:4.2°C 최저:-9.8°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	-2.36	-1.89	-1.35	-1.90	0.37	1.20	1.08	1.04
최고온도	23.4	20.2	21.5	18.2	19.8	17.2	16.7	16.8
최저온도	-12.9	-10.8	-10.1	-10.6	-8.4	-6.8	-6.5	-6.7
12.08(최고:6.6°C 최저:-9.0°C)				12.09(최고:8.8°C 최저:-5.6°C)				
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)
평균온도	1.17	1.26	1.72	1.28	5.02	5.75	5.27	5.59
최고온도	27.2	23.8	25.2	22.7	21.1	19	18.5	18.8
최저온도	-9.0	-7.6	-7.0	-7.6	-4.5	-3.3	-3.1	-3.4
12.10(최고:12.4°C 최저:0.7°C)								
	슬라이트	슬라산광	투명(H)	산광(M)				
평균온도	8.98	9.51	9.26	9.49				
최고온도	25.9	24.4	24.2	23.8				
최저온도	2.2	3.2	3.0	3.2				

<표16> 12월 초순 시설하우스 온도표



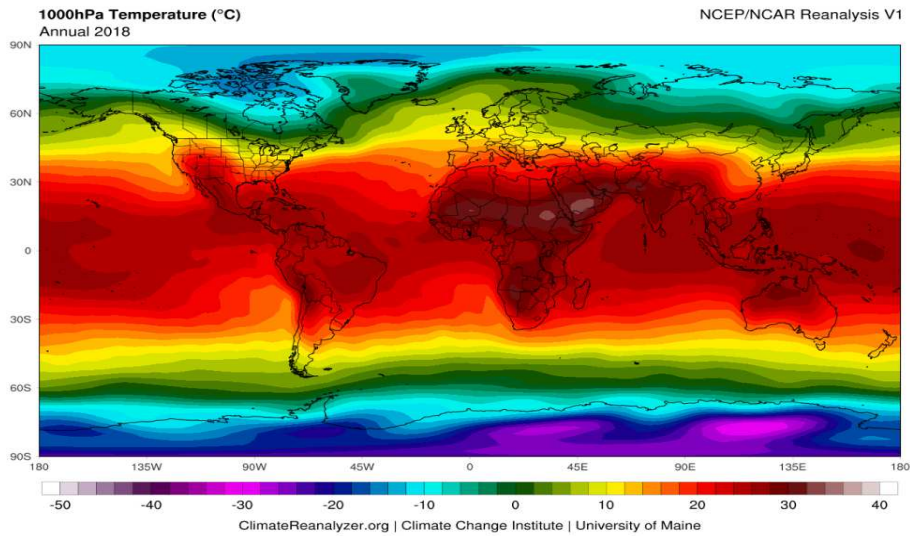
<그림38> 12월 초순 시설하우스 온도그래프

11월 하순과 12월 초 투명(H)샘플의 평균온도가 가장 높아 동절기 작물 성장에 도움을 줄 수 있음을 확인하였다.

종합적으로 동절기 적외선 차폐소재별 평가결과 투명(H)제품의 시설내부의 평균온도가 가장 높아 작물이 성장하는데 가장 좋은 조건을 줄 수 있었으며, 기상청에서 제공한 최저기온을 비교할 때, 기존필름대비 적외선 차폐소재가 함유된 시설의 최저온도는 2°C 정도 높아 열 차단 효과를 확인하였다. 하절기와 동절기 적외선차폐필름 Field Test결과, 하절기 외부의 열에너지를 적외선 차폐소재 필름은 관행필름대비 최고온도를 10°C 가량 낮춰 작물생장에 도움을 주었으며, 동절기 적외선 차폐소재는 시설내부의 열에너지의 방출을 효과적으로 차단시켜 생육환경 개선에 도움을 주었다.

(6)중동 사막형 기후에 적합한 적외선 차폐필름

앞에 Lab Test결과와 앞선 Field Test를 통해 선정된 근적외선 차폐소재로 중동의 고온 환경에서도 작물의 재배가 가능한 필름의 개발을 진행하였다.

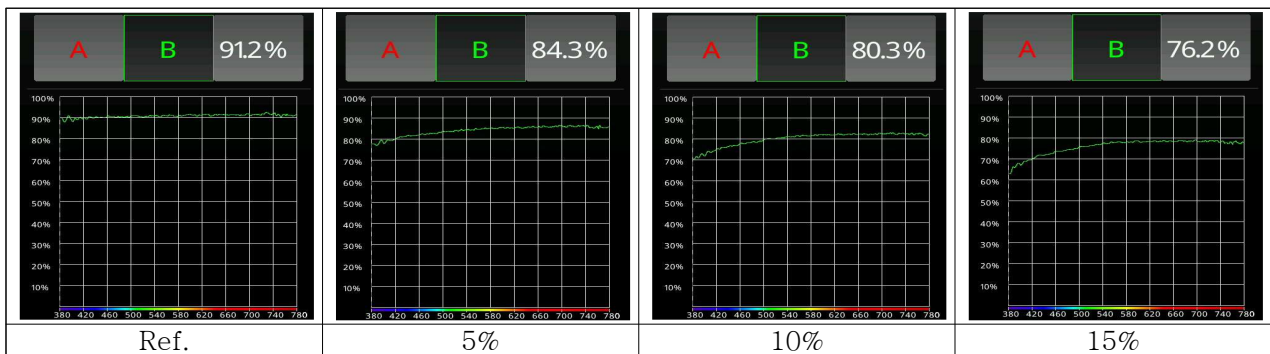


<그림39>2018년 University of Maine 기후변화연구소 세계기후지도

우리나라와 중동의 사막형 기후의 가장 큰 특징은 강한 햇빛이다. 사막형 기후의 특성상 햇빛이 강렬한 낮에는 기온이 50°C를 육박하고 앞으로 기후온난화로 인한 기온의 상승은 더 심해질 전망이다. 또한 강한 직사광선이 존재하는 사막형 기후에서 관행필름의 경우 빛에 의해 작물이 타버리는 현상이 발생해 이를 보완하는 연구가 필요하다. 이번 연구에서는 앞에서 선정된 근적외선 차폐소재의 함량별 차이를 두어 근적외선을 효과적으로 차단할 수 있는지 확인하고, 외부로부터 직사광선의 빛을 산란 시키는 소재를 적용하여 사막형 기후에서도 열 차단 및 산란이 가능한 필름을 연구하였다.

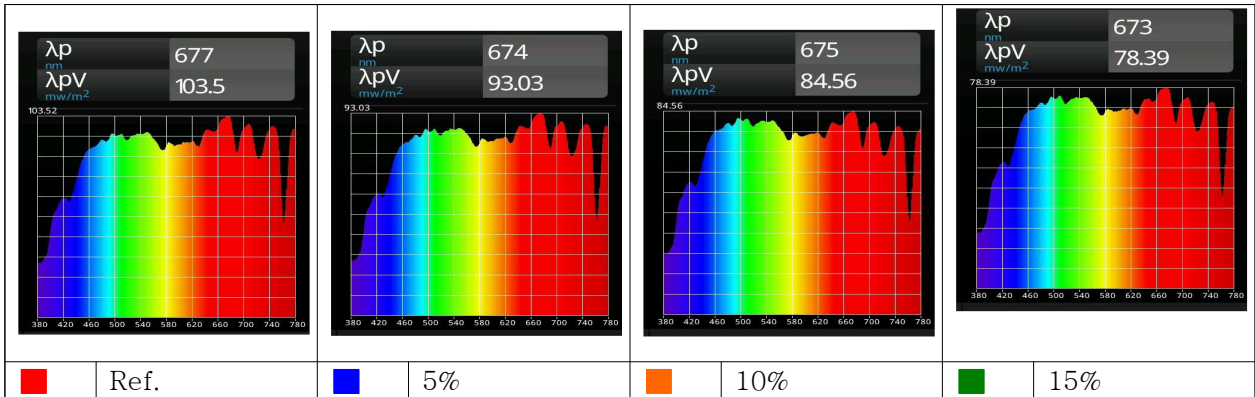
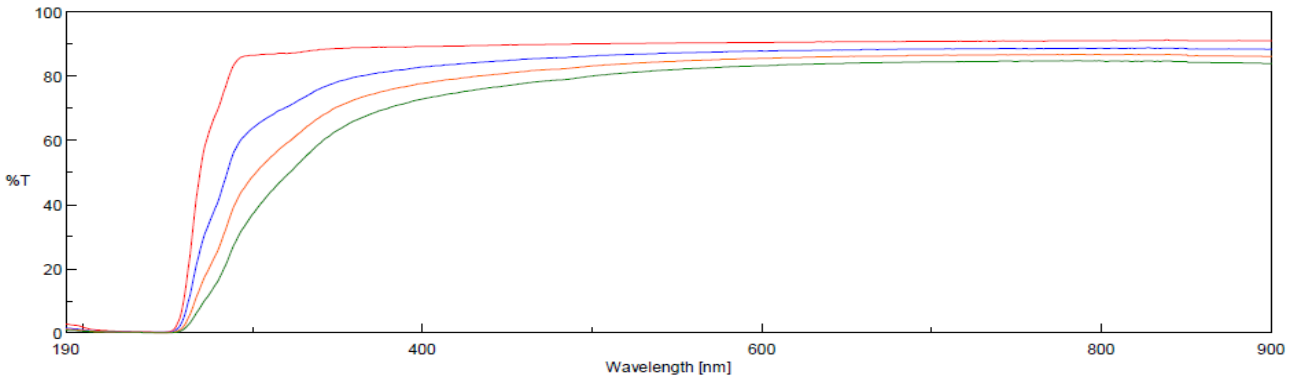
① 근적외선 차폐 함량별 특성분석

근적외선 차폐 소재를 함량별로 처방한 후, 압출 된 필름을 광량자속밀도측정기를 이용하여 광투과 특성 및 광질을 비교 분석하였다.



<그림40> 함량별 가시광선 투과율 비교

각 샘플은 150um의 동일한 두께로 필름 압출하여 비교하였고, Reference필름부터 근적외선 차폐소재를 0%를 시작으로 차폐소재 함유량을 5%씩 증량하여 총 15%까지 필름을 압출하였다. 위에 그림은 광량자속밀도 측정기를 이용하여 가시광선 전체 투과도를 비교한 그림이다. 적외선 차폐 함유량이 5%씩 증가할수록 전 파장대에서 투과율이 낮아짐을 확인하였다.



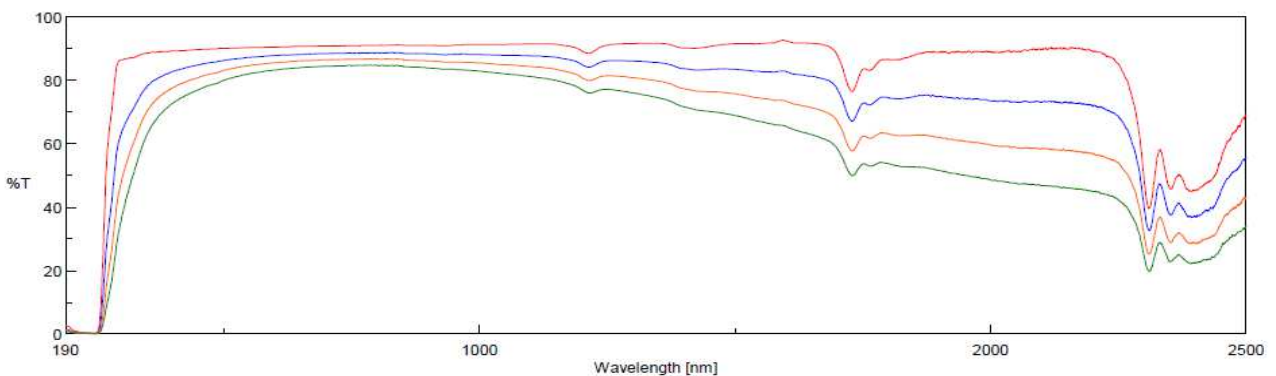
<그림41> 함량별 가시광선 영역 Spectrum 비교

λp 는 가시광선영역 중에 가장 세기가 강한 파장을 뜻하며 λpV 는 그 파장의 세기를 뜻한다. Reference 필름의 λpV 값은 $103.5mW/m^2$ 이며 근적외선 차폐소재의 함량이 증가 할수록 λpV 값이 감소하는 것을 확인 할 수 있다.

	LUX	PPFD	PFD-UV	PFD-B	PFD-G	PFD-R
Ref.	6664	122.6931	2.2560	29.3121	42.5039	51.7153
5%	6036	111.0827	2.0370	26.6778	38.5128	46.6500
10%	5643	103.7678	2.0216	25.8271	36.0699	42.5835
15%	5232	95.7748	1.7639	23.3614	33.4501	39.6218

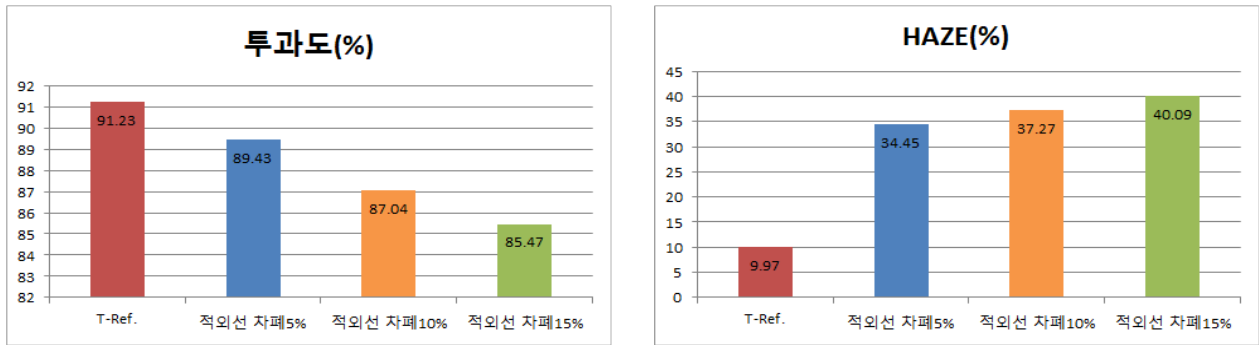
<표17> 조도, 광합성 유효방사 비교

근적외선 차폐소재의 함량이 5%씩 증가할수록 PPFD(광합성 광량자 밀도)값과 PFD-UV, PFD-B, PFD-R 값 모두 부분적으로 감소하는 것을 확인 할 수 있다.



■	Ref.	■	5%	■	10%	■	15%
---	------	---	----	---	-----	---	-----

〈그림42〉 중층 LAYER 소재 함량별 NIR-Spectrometer 비교 (JASCO V770)

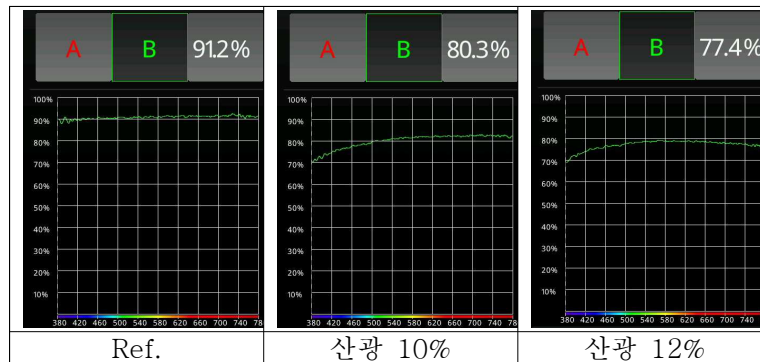


〈그림43〉 HAZE 및 전체투과도 비교그래프

종합적으로 근적외선 차폐소재는 Reference 대비 가시광선 영역대의 광을 안정적으로 투과하면서 1000nm 파장대까지는 완만한 투과율을 보이다가 근적외선 영역에서는 투과율이 감소했다. 함량이 증가할수록 HAZE의 증가폭은 줄어들었으며 반대로 근적외선 차단효과는 일정함을 확인하였다.

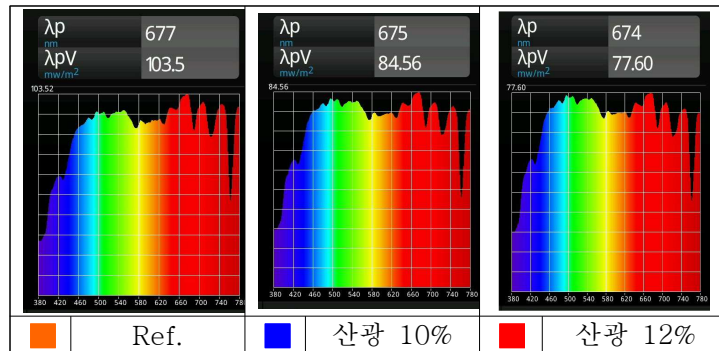
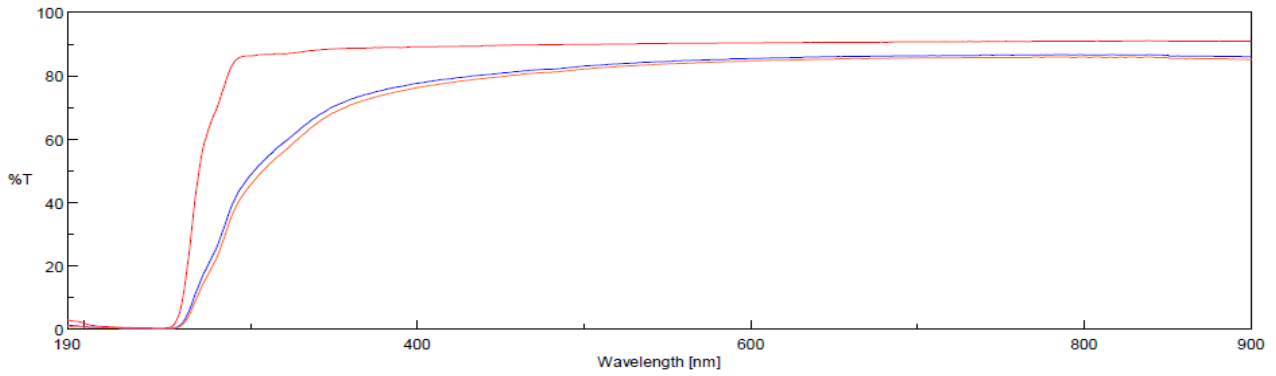
② 산광소재 함량별 특성분석

산광소재 함량을 샘플별로 달리 처방하여 첨가량에 따른 가시광선 투과도 및 근적외선 영역에서의 투과 특성을 비교하였다.



〈그림44〉 산광 소재함량별 가시광선 투과율 비교

Reference필름은 산광소재 및 근적외선 차폐소재를 넣지 않은 필름이며, 산광소재는 10%, 12%로 함량을 올려 필름을 압출하였다. 이때 근적외선 차폐소재의 함량은 동일하며 Base Resin의 함량을 낮춰 산광소재를 첨가하였다. 각각의 필름은 150um 두께로 압출하였다. Reference 소재는 EVA필름과 비슷한 수준의 가시광선영역대의 투과율을 보여주었으며 산광소재 함량이 2% 증가할 때, 가시광선 전체투과율이 낮아짐을 확인할 수 있었다. 이는 앞선 적외선 차폐소재보다 산광소재가 가시광선 투과율을 낮추는데 더 효과적임을 확인하였다.



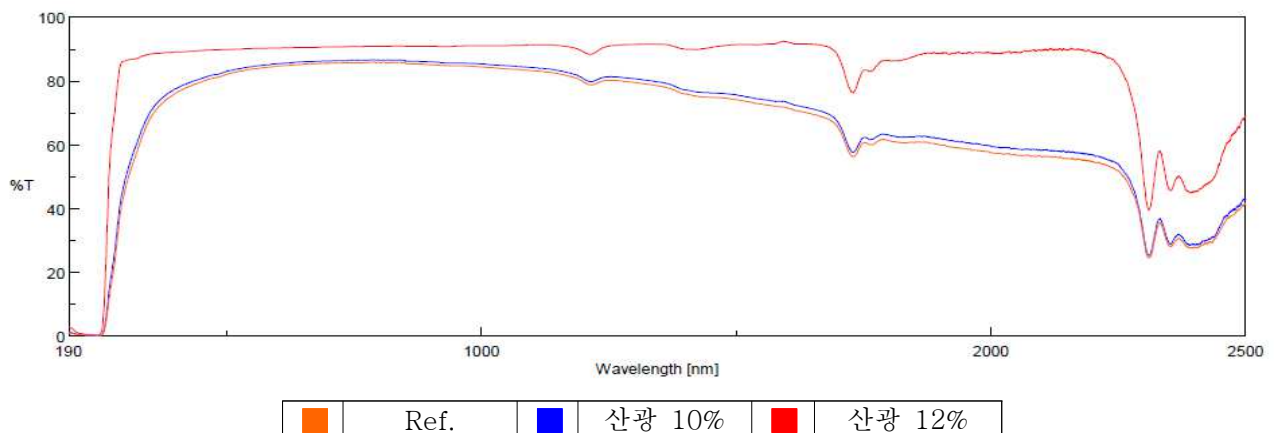
<그림45> 함량별 가시광선 영역 Spectrum 비교

스펙트럼 분석에서는 Reference샘플의 가시광선 투과율의 λpV 값은 $103.5mW/m^2$ 이며 산광제의 함량이 높아질수록 λpV 값이 작아지는 점을 발견할 수 있었다.

	LUX	PPFD	PFD-UV	PFD-B	PFD-G	PFD-R
Ref.	6664	122.6931	2.2560	29.3121	42.5039	51.7153
산광 10%	5643	103.7678	2.0216	25.8271	36.0699	42.5835
산광 12%	5272	96.5793	1.8859	24.1726	33.7407	39.3316

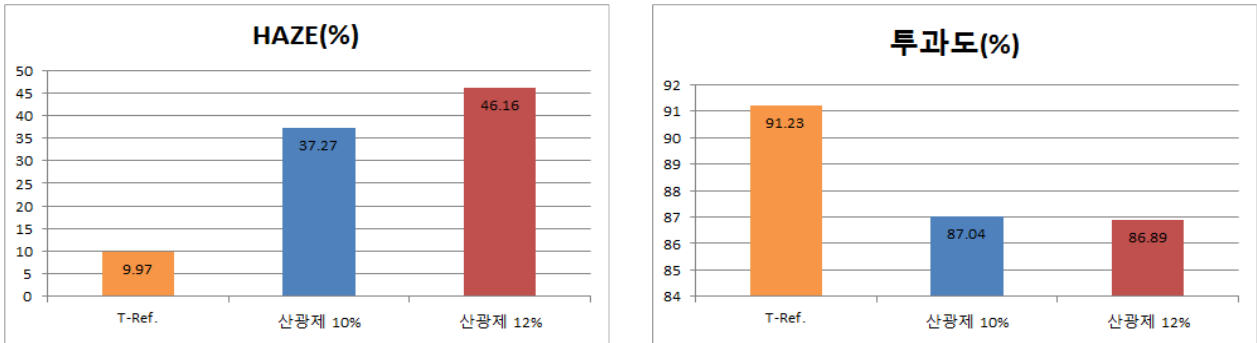
<표18> 조도, 광합성 유효방사 비교

산광 소재는 EVA Film과 비교하여 산광제의 함유량이 높아질수록 PPFD(광합성 광량자 밀도)의 값이 작아졌고 PFD- UV, RGB의 값도 작아짐을 확인하였다. 적외선 차폐 소재와 비교할 때 조도, 광합성 유효방사의 미치는 영향이 산광소재가 더 컸다.



<그림46> 산광소재 함량별 NIR-Spectrometer 비교 (JACSCO, V-770)

NIR Spectrum 분석결과, 산광소재의 경우 함유량이 증가해도 VIS영역과 NIR영역에서 투과율이 떨어지는 폭이 크지 않았다. 이는 근적외선 영역의 차단에서는 산란소재보다는 근적외선 차폐소재가 더 효과적임을 확인할 수 있었다.



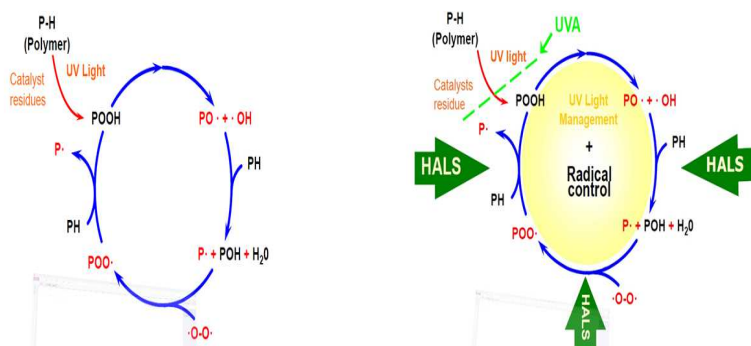
<그림47> HAZE 및 전체투과도 비교그래프

중동 사막형 기후에 적합한 근적외선 차폐연구의 당해 연도 결과를 종합적으로 살펴보면

- ① 중동 사막형 기후에 적합한 근적외선 차폐필름의 함유량이 증가할수록 근적외선 투과도 감소의 효과를 확인하였고, 반대로 가시광선 영역에서의 투과도 차단은 발생하지 않았다.
- ② 빛의 산란을 유도하는 산란소재의 경우 근적외선 영역의 투과도 감소에서는 효과가 없었으나 가시광선 영역의 전체투과도 감소에서는 소량의 함유 증가만으로 그 효과를 확인하였다.
- ③ 사막형 기후는 외부의 강한 열에너지와 직사광선이 있어 이를 근적외선 차폐소재와 산란소재의 비율 조절을 통해 시설내부의 생육환경을 개선할 수 있다.

나. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발 (2차년도)

시설원예용 피복 필름으로 사용되는 소재인 PE(폴리에틸렌)는 화학적으로 안정된 수이지만 자외선에 취약한 단점을 가지고 있다. UV에 의하여 PE의 CH₂ 사슬이 끊어지는 현상을 억제하기 위하여 HALS와 ABSORBE 등 별도의 UV안정제를 처방하여 필름의 내구연한을 향상 시킨다.



<그림48> PE 폴리머의 UV 산화과정과 UV안정제의 안정화 작용

PE(폴리에틸렌)는 이렇게 UV안정제의 처방으로 인하여 UV 안정성이 향상 되는 반면 화학적으로 불안정한 상태가 된다. 그로인하여 황(S*)이나 염소(Cl*) 등에 반응하여 화학적 산화가 급속히 진행된다. 시설

하우스용 피복재가 내구연한 3~5년의 수명을 확보하기 위해서는 UV안정성과 내화학성이 우수한 안정제를 적용해야 한다. 해당 연구에서는 내화학성 특성을 보유하고 있는 내황성안정제 소재를 선정하여 UV안정성 및 내화학성 안정성을 향상시키는 필름을 개발하고자 한다.

(1) 촉진 내후성 평가

시설원예에서 연질플라스틱 필름으로 시설하우스에 피복하여 중,장기적으로 사용하기 위해서는 UV안정성이 기본적으로 확보되어야 한다. 또한, 시설 내에서 작물 소독 및 재초 등을 수행하는 농가에서는 UV안정성 만큼 내화학성도 중요한 요소 이다. 현재, 시설원예용 피복재에 보편적으로 사용 중인 UV안정제와 유럽에서 적용하고 있는 내황성 안정제를 입수하여 촉진 내후성 평가를 진행하였다.

(가) UV안정성 평가

① 장비명 : UV2000™

② 제조사 : ATLAS

③ 실험 조건

- Lamp : UVA430

- Irradiance : 0.77 W/m²/nm

- Exposure Cycle : Segment 1; 8Hr. UV at 70(±3)°C Black Panel Temp.

Segment 2; 4Hr. Condensation at 50(±3)°C Black Panel Temp.

④ 실험 방법

- Base Resin : LDPE 100%

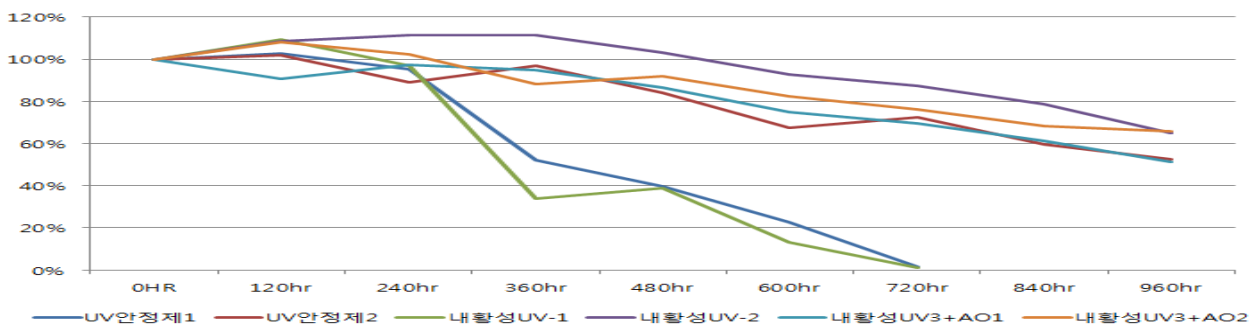
- UV Stabilizer : 각 10,000 ppm (AO 1,000 ppm)

- Film Thickness : 100um

⑤ 실험 결과

	0HR	120hr	240hr	360hr	480hr	600hr	720hr	840hr	960hr
UV안정제1	922	948	879	480	366	210	15	-	-
UV안정제2	911	927	811	884	766	614	659	543	480
내황성UV-1	827	905	800	281	322	109	10	-	-
내황성UV-2	840	910	936	936	865	752	644	572	430
내황성UV3+AO1	911	826	887	862	787	683	634	557	466
내황성UV3+AO2	894	968	914	789	821	735	680	611	588
AO1	923	13	-	-	-	-	-	-	-
AO2	618	11	-	-	-	-	-	-	-

<표19> 소재별 촉진 내후성 경시 비교



<그림49> 촉진 내후성 경시 비교 그래프

측진 내후성 평가 결과 UV안정제 1종과 내황성 UV안정제 1종은 360hr¹⁾(4년 미만) 이하에서 조기산화가 진행되었으며 나머지 4종은 960hr(9년)의 내구연한을 확보하였다.

(2) 내황성 평가

① 실험 방법 :

- 실험용 소형 하우스에 위 실험 피복재 6종을 각각 피복
- 하우스 내부에 황혼증기를 설치하여 밀폐 후 황 혼증 실시 (3hr/day)
- 하우스 천장 피폭 부위 & 하우스 내부 거취 피복 부위

② 실험 기간 : 2018. 4. 1. ~ 10. 7. (6개월)






③ 실험결과

대체적으로 피복 1년 이내의 조기산화로 인하여 접수되는 시설원예용 필름의 경우, 잔류농약성분(황, 염소)의 검출 수준은 0.02wt%(200ppm) 이상이다. 이는 UV안정제 처방 유무와 상관없이 화학적 산화가 진행되지만 내황성 UV안정제를 처방하여 0.05wt%(500ppm) 이상에서 내화확성을 확보 할 수 있게 되었다.

1		<p>Test No : UV안정제 1</p> <p>Sulfar 검출양 : 0.08wt%</p> <p>상태 : 산화</p>
2		<p>Test No : UV안정제 2</p> <p>Sulfar 검출양 : 0.07wt%</p> <p>상태 : 산화</p>

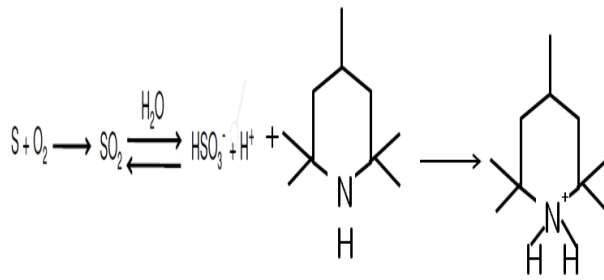
1) 우리나라 1년 일조량 253MJ/m² (0.69MJ/m²), (기상청, 충남 태안 2017년)
 1MJ/m² = 0.55w/m² * 3.6 * hr 일 때, 253MJ/m² = 0.77w/m² * 3.6 * 128hr (UV-Con 0.77w/m²)
 UV-Con(0.77w/m²) 100hr = 약 1년

3		<p>Test No : 내황성UV안정제 1 Sulfar 검출양 : 0.09wt% 상태 : 양호</p>
4		<p>Test No : 내황성 UV안정제 2 Sulfar 검출양 : 0.08wt% 상태 : 산화</p>
5		<p>Test No : 내황성 UV안정제 3 + AO1 Sulfar 검출양 : 0.08wt% 상태 : 양호</p>
6		<p>Test No : 내황성 UV안정제 3 + AO2 Sulfar 검출양 : 0.09ppm 상태 : 양호</p>

(3) 산화된 내황성 안정제 샘플 물성평가 (3차년도)

필름이 강한 에너지를 가진 자외선이 Olefin결합과 만나 Radical반응에 의해 결합이 끊어지는 단점이 존재해 영구적으로 사용할 수 없다. 이를 보완하기 위해 필름 압출과정에서 자외선에 의한 Radical 연쇄반응을 차단할 수 있는 자외선 2nd 안정제를 투여하여 필름의 산화를 늦추는 방법을 가장 많이 쓰고 있다. 문제는 UV안정제가 황에 의해 구조가 바뀌어 기능을 유지할 수 없게 된다면, UV 안정제를 첨가하여도 자외선에 의한 필름의 산화는 늦출 수 없다.

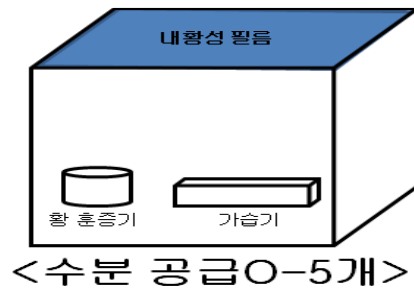
<그림50>은 HALS(Hindered Amine Light Stabilizer)가 황에 의한 연쇄반응으로 구조식이 변화하는 모습을 간략하게 나타내고 있다. 이처럼 UV안정제의 구조식 변화로 산화반응속도를 늦출 수 없다면 필름의 내구성은 떨어지게 된다. 농가에서는 이를 방지하고자 황이 첨가된 Pesticide의 사용을 줄여왔지만, 오늘날 친환경 농법이 유행하면서 유충방제를 위해 시설 내부에서 황 훈증이 많아지고 있는 추세이다. 또한, 시설하우스 외부에서도 황(Sulfur)이 포함된 농



<그림50> 황에 의한 UV 안정제 구조식 변화

약의 사용으로 잔류농약이 바람에 날려 황 성분이 시설 외면에 부착하게 된다. 내, 외부에서 필름이 황과 접촉할 수 있는 가능성이 많아져 안정제 자체적으로 황에 의한 구조식 변화를 늦출 수 있는 방법이 필요하다. 이번연구에서는 관행필름과 달리 내황성을 향상시킨 UV 안정제가 황 성분이 존재하여도 산화를 얼마나 지연시킬 수 있는지 알아보고, 필름의 산화를 촉진하는 요인들 중 실제 영향을 미치는 정도를 확인해 보았다.

이번 연구에서는 황에 의한 산화를 방지할 수 있는 황 안정제 투여가 실제조건에서 그 효과를 Lab Test를 진행하였다. 총 5가지 내황성 Master Batch를 Film형태로 압출하여 모형하우스에 설치한 후, 황 훈증과 옥외폭로를 통해 Film의 내구성이 유지되는지 확인하였다. 압출된 필름은 LLD+LD를 Base Resin으로 하여 내황성 안정제를 1,600ppm씩 첨가해, 두께 100 μ m으로 압출하였다.

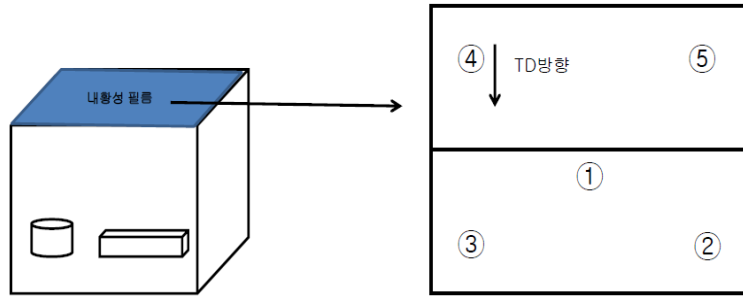


<그림51> 모형하우스 설계도

총 5개의 샘플은 두 가지 방식으로 모형하우스를 설치하였는데, 첫 번째 방식은 황 훈증과 가습기 설치를 내부에 두어 내황성 필름에 수분과 황을 동시에 공급하였다. 두 번째 방식은 내부에 황 훈증기만 투입하여 수분 공급이 원활하지 않을 때 황에 의한 산화를 평가하였다. 첫 번째 방식은 황 가루가 필름 표면에 부착되어도, 다량의 수분에 의해 표면에 부착된 황이 씻겨 내려가 접촉시간이 짧아진다. 반대로 두 번째 방식은 황 훈증만 이뤄져 필름 표면에 황이 긴 시간 동안 부착할 수 있어 접촉시간이 길어진다. 두 가지 상황 비교를 통해 황에 의한 필름의 산화가 순간적인 접촉만으로도 이뤄지는지 평가를 할 수 있었다.

각각의 모형하우스는 1시간 동안 황 훈증을 진행하고 3시간 동안 휴지기를 갖게 자동 타이머를 설치하였다. 하루 24시간 동안 총 6번에 사이클을 반복하여 필름의 산화를 촉진했다. 평가기간은 옥외설치 후 30일간 진행하였으며 기간 동안 총 180번에 황 훈증을 진행하여 내황성 안정제가 투여된 샘플들의 초기대비 물성평가로 어떤 안정제가 황에 의한 산화를 늦출 수

있는지 평가하였다.



<그림52> 시료 Sampling 위치

내황성 필름의 물성측정은 총 5가지 위치를 측정하여 초기대비 TD방향 신장율을 평가하였다. 1번~5번 위치는 필름이 황과 수분의 접촉 기회가 위치에 따라 달라질 수 있어 오차를 줄이기 위해 샘플링의 위치를 고르게 하였다.

①내황성 안정제 평가결과

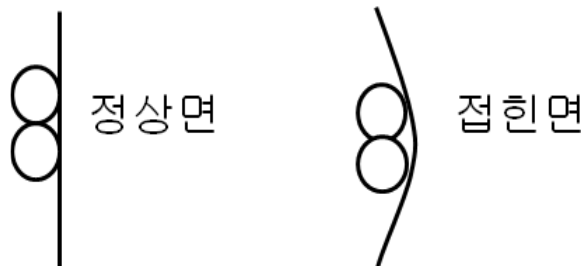
SAMPLE	초기	1번	2번	3번	4번	5번	평균값
Ref.	100	91.26	95.87	98.73	90.78	100	95.33
SO사	100	97.93	99.26	95.71	97.04	97.34	97.46
U사	100	100	98.01	95.87	100	99.85	98.75
B사	100	100	100	100	100	94.76	98.95
S사	100	100	99.54	97.23	100	100	99.35

<표20> 초기대비 30일 후 수분공급 샘플 물성변화

초기대비 30일 후 황 안정제를 투여한 샘플들의 물성은 초기대비 평균 98%로 Ref.필름인 95%보다 물성이 더 유지됨을 확인하였다. 하지만 시설하우스의 내구성은 신장율면에서 초기 대비 50%이상, 1년경과 후에도 유지되어야해, 현재 2차 실험에서 1년 이상 실제 Field Test를 진행 중이다.

② 접힌부위와 정상면에서 내황성 평가

압출된 필름은 Blown방식으로 폭을 반으로 접은 상태에서 필름을 생산해 좁은 공간에서도 넓은 폭을 가진 제품을 생산할 수 있는 장점이 있다.



<그림53> 정상면과 접힌면에 접촉면적 변화

정상면 대비 접힌면은 접촉면적이 넓어지기 때문에 해당 부분에 황 또는 수분과 접촉할 수 있는 확률이 증가하게 된다. 앞선 시료 Sampling 위치에서 2~5번 위치는 정상면 상태에서 황과

수분이 필름 표면과 접촉하는 상태이고, 1번 위치는 필름이 접혀지게 된 면적이다. 1번과 2~5번 위치의 비교를 통해 접촉면적의 증가가 산화를 촉진시킬 수 있는지 평가하였다.

1번 위치에 초기대비 신장율은 약 97.8%로 정상면 평균 98.2%와 비교하면 약 0.5%의 차이를 가졌다. 필름 산화가 많이 진행되지 않아 접촉면적에 따른 산화의 진행속도는 확인이 어려웠다.

③ 필름 표면과 황 성분 접촉시간 차이 평가

아래 결과 값은 황 훈증 시 가습기를 통해 수분공급이 되지 않았을 때 샘플들의 초기대비 물성 값이다.

SAMPLE	초기	1번	2번	3번	4번	5번	평균값
Ref.	100	90.65	95.64	97.98	95.48	100	95.95
SO사	100	99.24	100	91.83	97.73	100	97.76
U사	100	92.51	100	96.64	99.08	100	97.65
B사	100	100	97.84	100	100	100	99.57
S사	100	100	100	98.92	100	97.69	99.32

<표21> 초기대비 30일 후 수분공급X 샘플 물성변화

가습기를 통한 수분공급의 유, 무에 상관없이 Reference 필름은 30일 경과 후 초기대비 물성 95%를 유지하고 있었다. 하지만 내황성 UV 안정제가 첨가된 샘플들은 98%의 물성을 유지하고 있어, 황 안정제의 효과는 여기에서도 확인할 수 있었다. 표 11과 12의 결과는 크게 변화가 없는 것으로 보아 필름이 황과 접촉해 산화되는 시간은 순간적인 접촉을 통해서 이뤄짐을 확인 가능하였다.

추가적으로 실험을 진행하면서 특이사항이 발견되었다. 필름표면을 pH Paper로 확인한 결과 황 훈증과 동시에 수분이 공급된 샘플들에서 pH5~6정도의 약산성이 확인되었고, 수분을 공급하지 않은 샘플들에서는 pH Paper의 변화가 감지되지 않아 중성이 유지됨을 확인하였다. 산성 물질 생성을 확인하기 위해 황 훈증이 진행되는 모형하우스 내부에 금속 쟁반을 설치하고 내부에 물을 채워 금속이 산화하는지 확인하였다.



<그림54> 황 훈증 내부 금속 산화 사진

위에 그림처럼 물이담긴 쟁반을 일주일간 내부 설치 후 금속의 산화가 심하게 진행되는 것이 확인되어 황 훈증 시 수분과의 접촉으로 산성 물질이 생성되고 있음을 확인하였다.



<그림55> 수분 공급X 황 훈증 일주일 후 사진

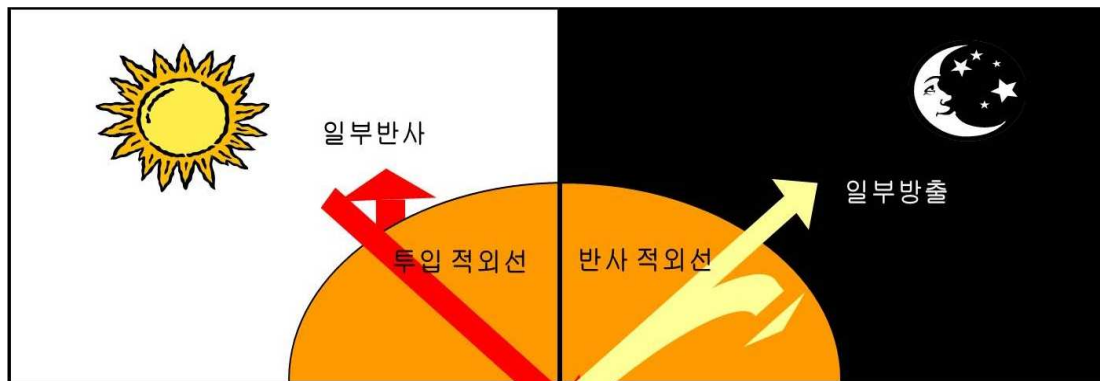
위에 사진에서는 수분공급이 없는 상태에서 금속 쟁반을 일주일간 방치하였을 때의 모습이다. 금속의 부식은 진행되지 않음을 확인하였다. 즉 황 훈증 시 수증기만으로는 산성 물질의 생성은 대량으로 이뤄지지 않으며, pH페이퍼를 통해서도 이를 확인 할 수 있었다. 현재 추가실험으로 95.0wt%의 황산에 필름을 담가 빛이 차단된 상태에서 필름의 산화가 진행되는지 실험을 진행하고 있다. 추가실험을 통해 UV 안정제의 구조변화가 자외선이 차단된 상태에서 산(H+)에 의해서만 진행되는지 확인 가능하다.

내향성 UV 안정제 연구결과를 종합해보면

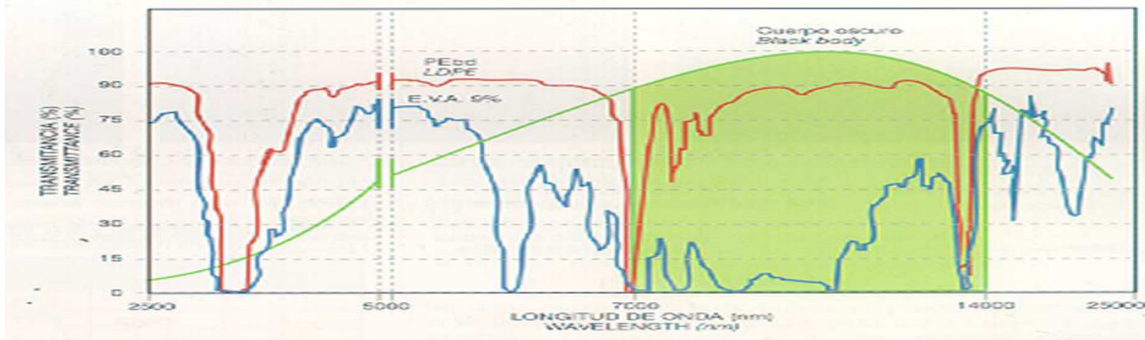
- ① Lab Test결과 30일간 황 훈증과 빛에 의한 필름의 산화는 Reference필름 대비 내향성 UV 안정제가 첨가된 샘플들에서 물성을 유지함을 확인하였다.
- ② 필름의 황에 의한 산화는 접촉시간이 짧아도 산화가 진행되어 환기나 세척만으로는 필름의 산화를 방지하기 힘들다.

다. 동절기 보온기능을 극대화 시킨 장기성 코팅필름 개발 (2차년도)

지구의 온도를 높여주고 유지시켜주는 핵심은 태양복사열과 지구복사열 두가지 이다. 지구에 도달하는 태양광 중 300~2,500nm의 파장대의 태양광이 낮 동안 지구표면의 온도를 올려주고 데워진 지구표면에서 10,000nm 파장대의 지구복사열이 방출 된다. 동절기, 낮 동안 데워진 비닐하우스 내부의 온도가 야간에 하우스 밖으로 방출되는데 이 방출되는 지구복사열을 최대한 억제시켜서 하우스 내부의 온도를 유지할 수 있게 도와주는 것이 보온제이다.



<그림56>. 시설원예용 온실의 보온현상 작용원리



〈그림57〉 FT-IR 보온영역 구간 그래프 (1250~750cm⁻¹)

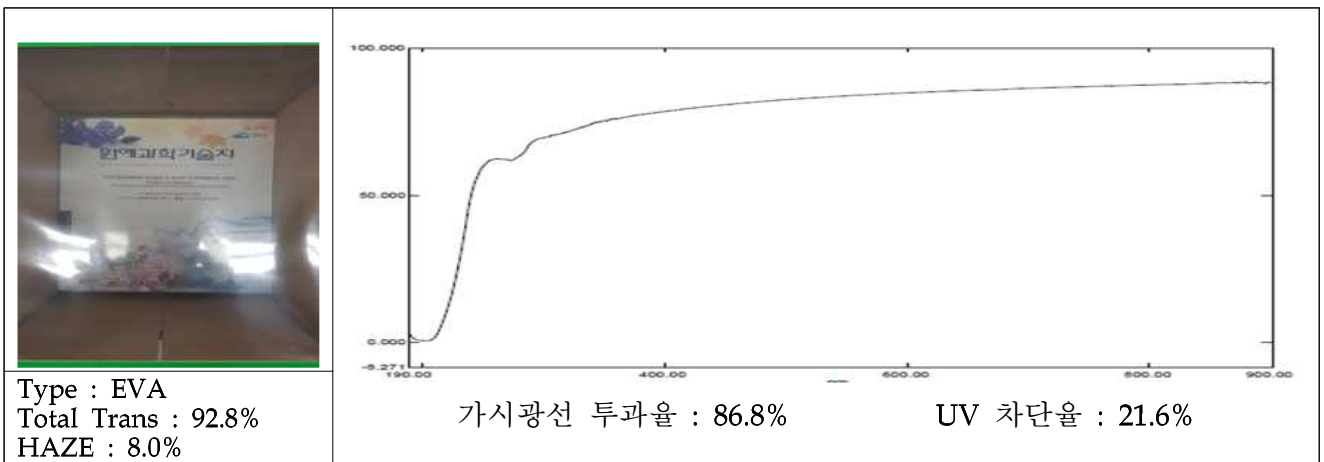
플라스틱 피복재의 Base Resin에 따라 필름이 가지는 보온성이 향상될 수 있으나, 본 연구에서는 보다 적극적인 방법을 통하여 필름의 보온력을 향상 시키고자 한다.

(1) 유, 무기 소재별 특성 분석

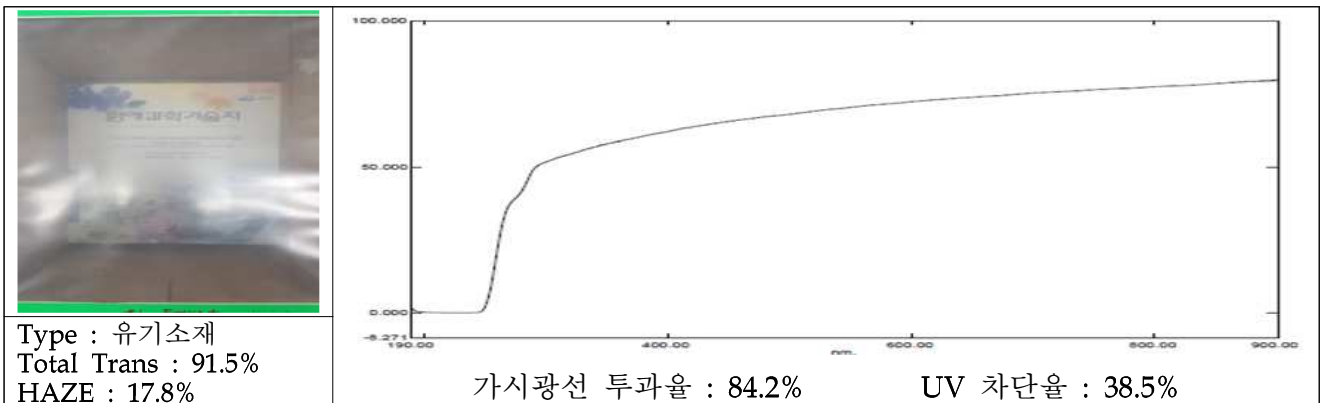
현재 보온제로 사용 되고 있는 (혹은 사용 가능한) 유, 무기 소재들을 입수하여 각각 적정의 함량을 처방한 시설원예용 피복 필름을 압출하였다. 압출 된 필름을 이용하여 각각의 광학적 특성과 원적외선 차폐 효과를 분석하였다.

(가) 소재별 광학적 특성 분석

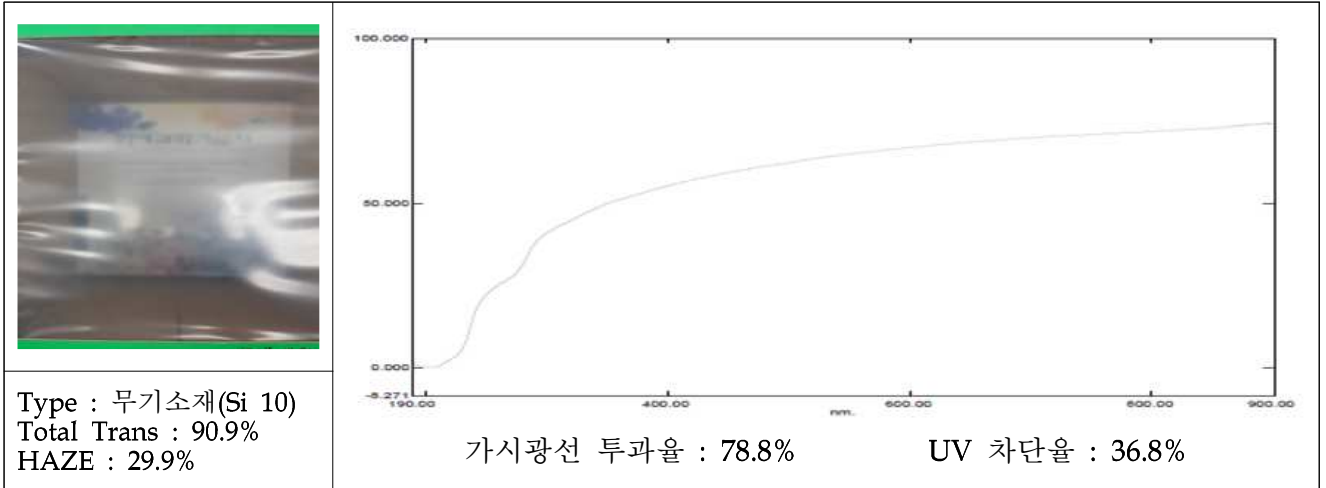
① Reference



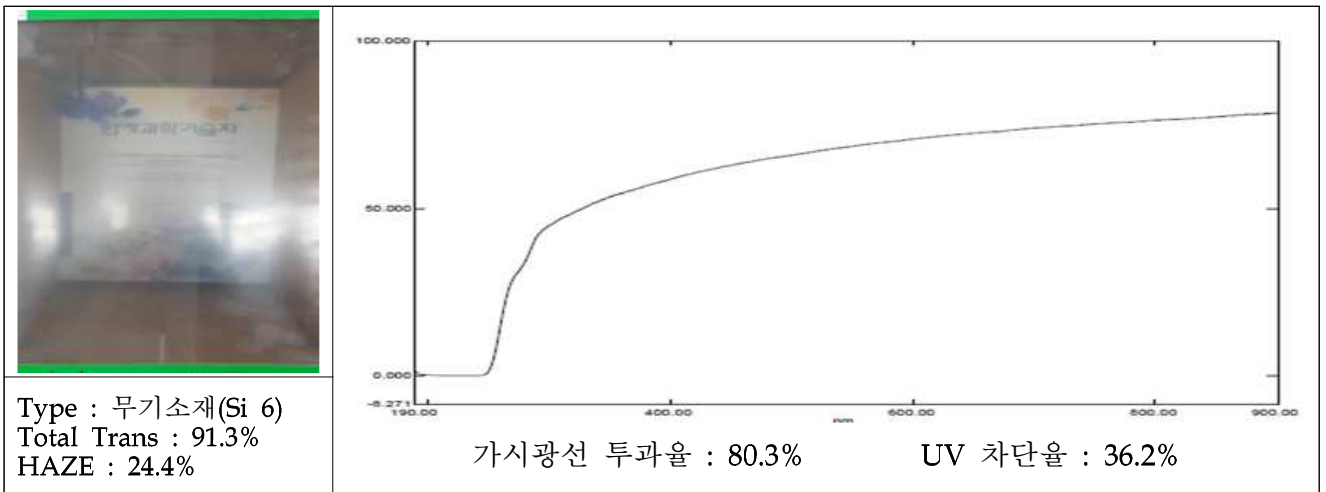
② Test #1



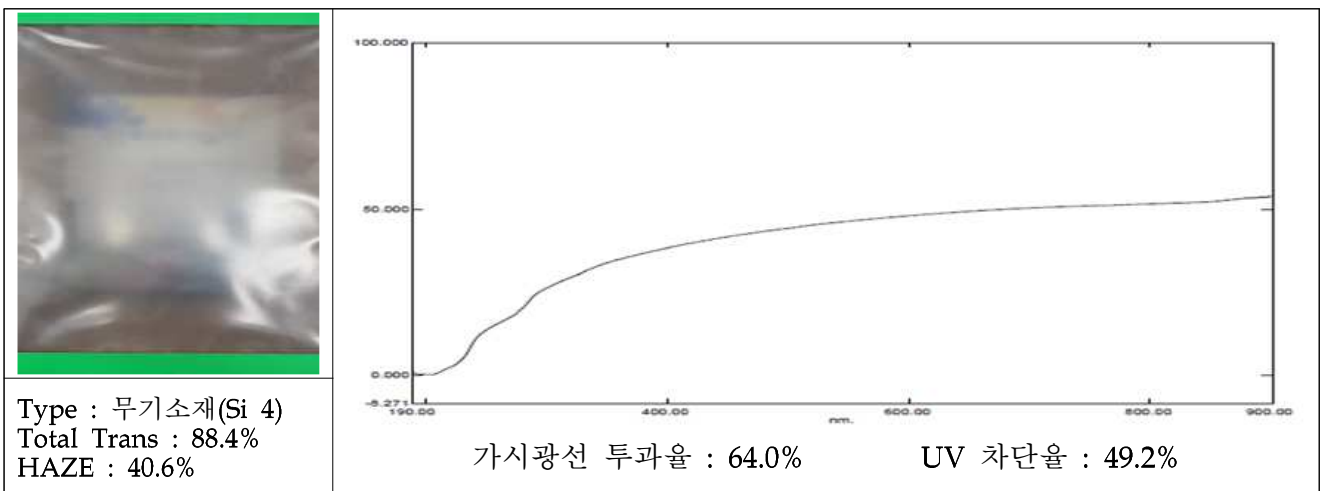
③ Test #2



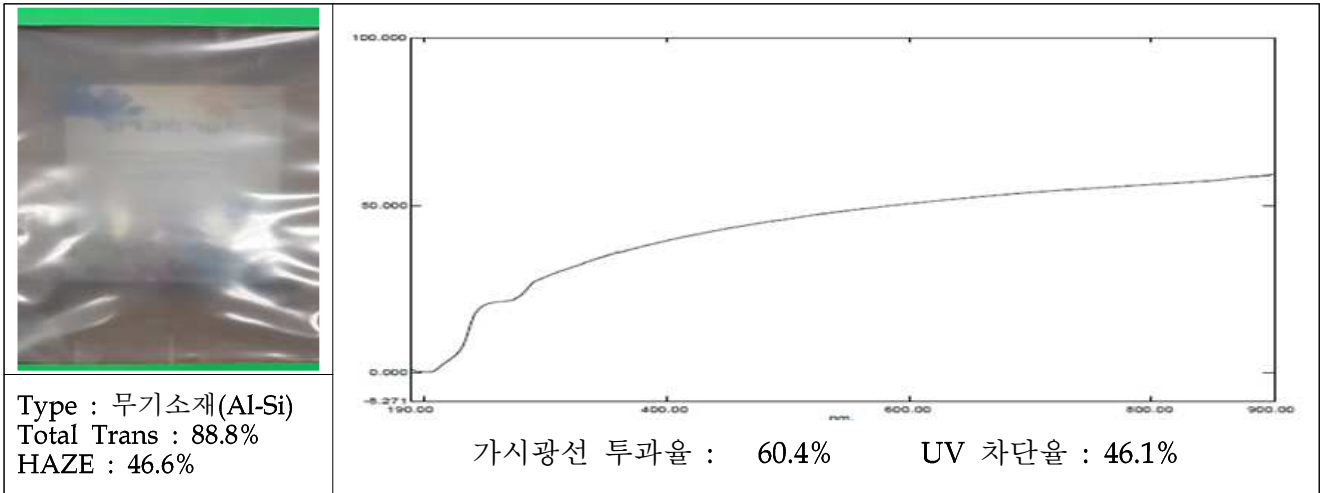
④ Test #3



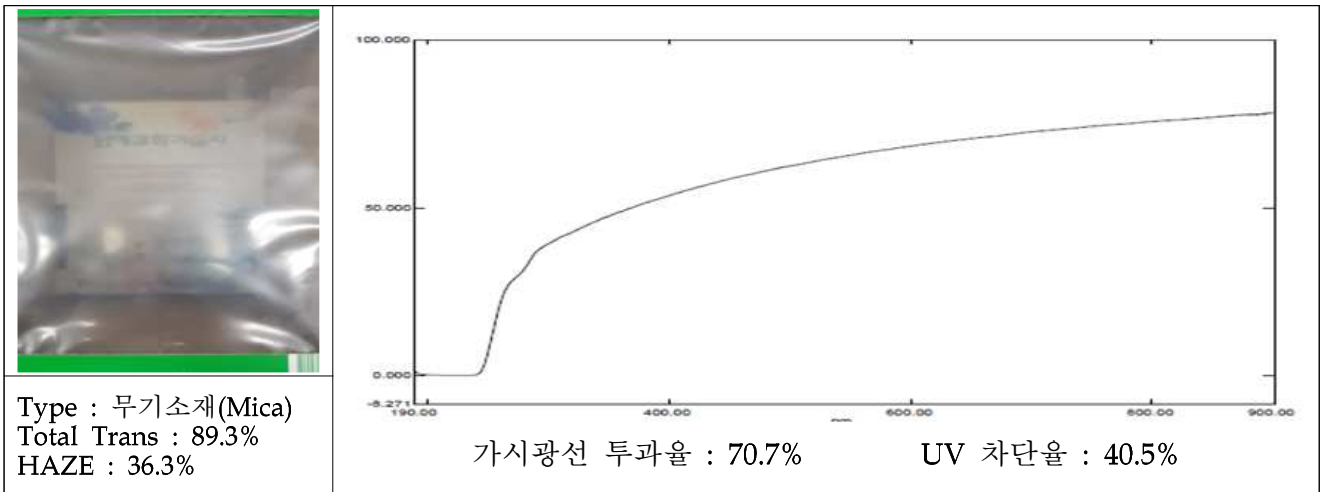
⑤ Test #4



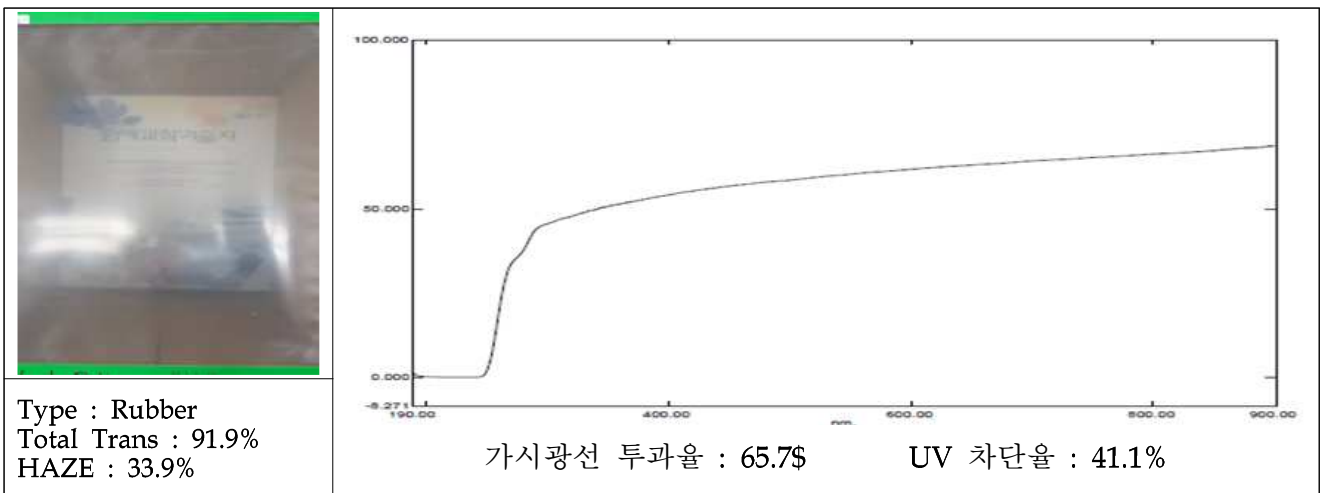
⑥ Test #5



⑦ Test #6



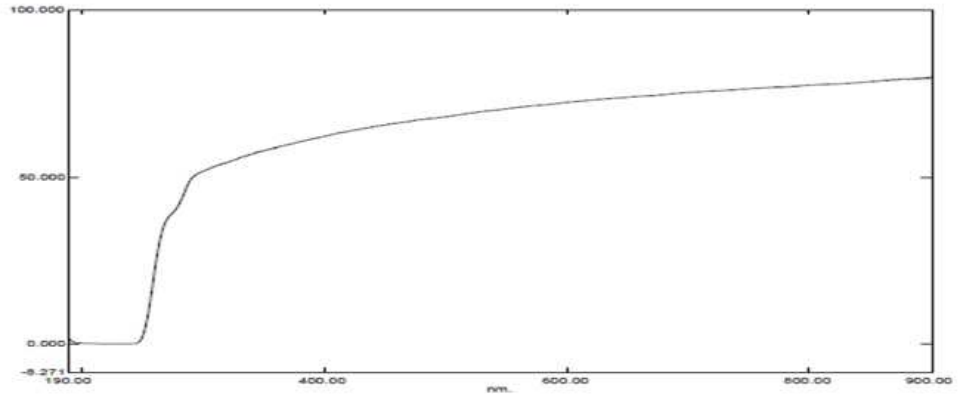
⑧ Test #7



⑨ Test #8



Type : 무기소재(glass bead)
 Total Trans : 91.5%
 HAZE : 23.0%

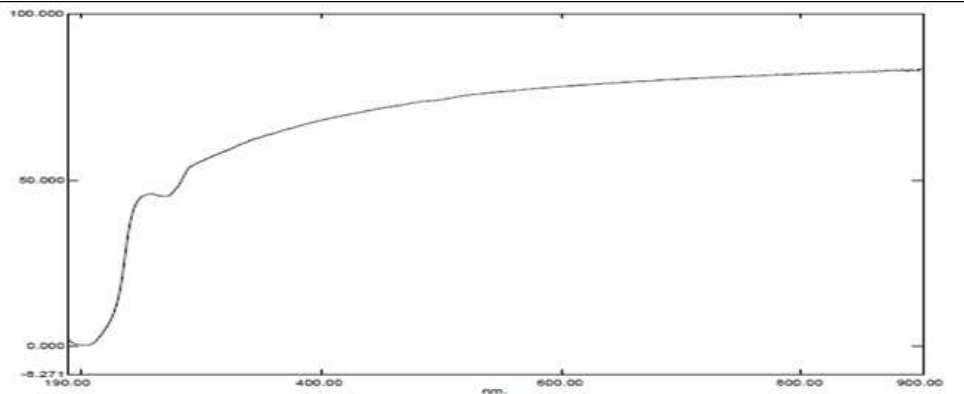


가시광선 투과율 : 77.2% UV 차단율 : 37.3%

⑩ Test #9



Type : 무기소재(glass Bubble 2)
 Total Trans : 91.0%
 HAZE : 14.9%

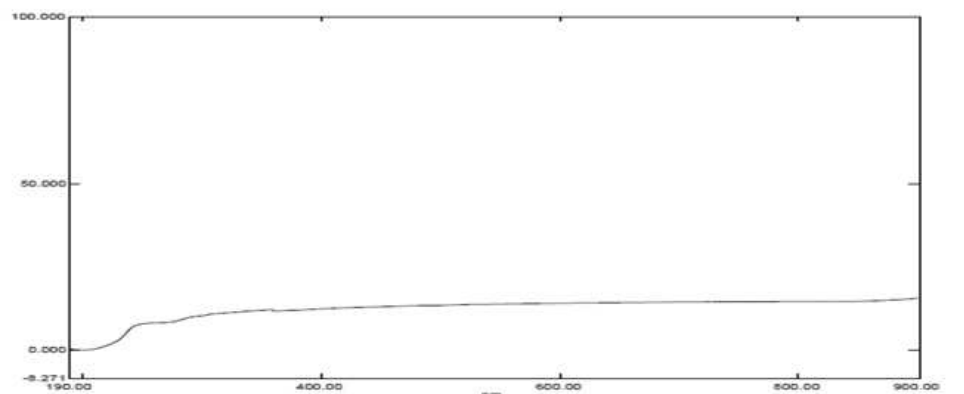


가시광선 투과율 : 85.1% UV 차단율 : 28.0%

⑪ Test #10

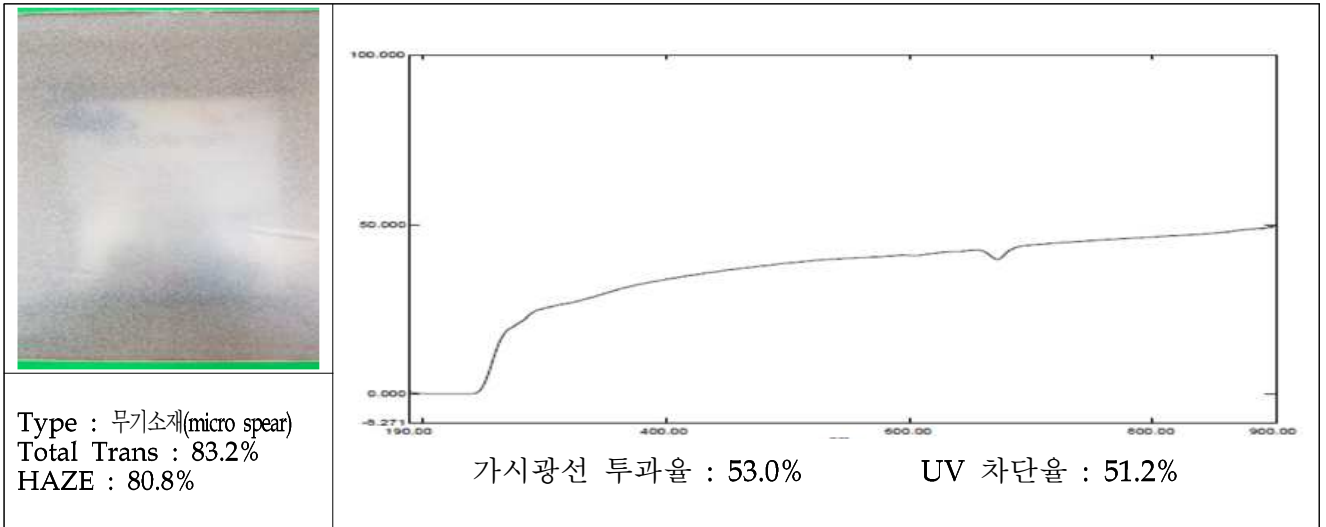


Type : 무기소재(glass Bubble 1)
 Total Trans : 82.2%
 HAZE : 83.4%



가시광선 투과율 : 38.1% UV 차단율 : 75.0%

⑫ Test #11

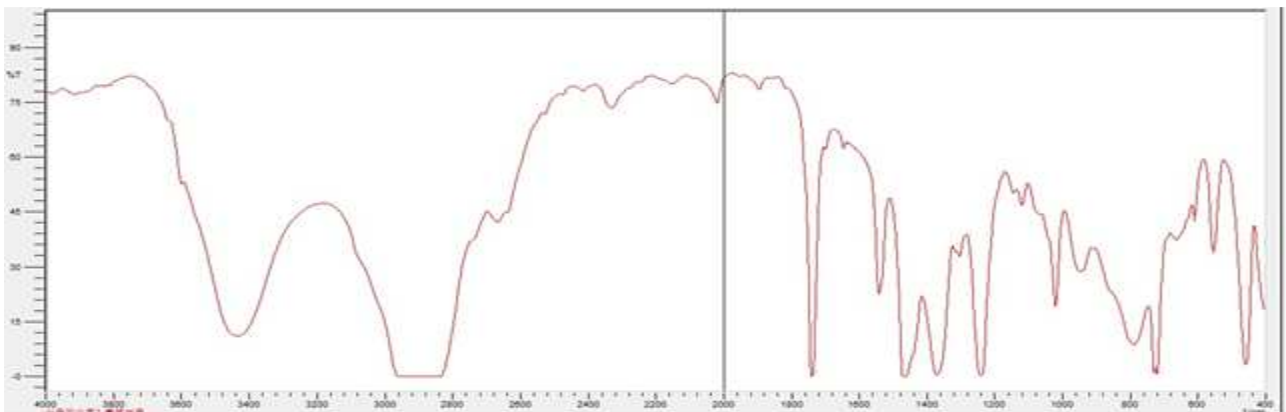


유기소재는 기타 몇 종을 평가하였으나 압출과정에서 기포가 다량 발생하여 필름 성형이 불가하였다. 압출 된 필름 중, 유기소재 1종과 무기소재 1종(Glass Bubble)을 제외하고 모든 무기 보온소재는 HAZE 값이 20% 이상 상승하였으며 Glass Bubble 1Type과 Micro spear 소재는 필름의 외관이 상당히 저하되는 특성은 나타났다.

(나) 원적외선 차폐 성능 분석

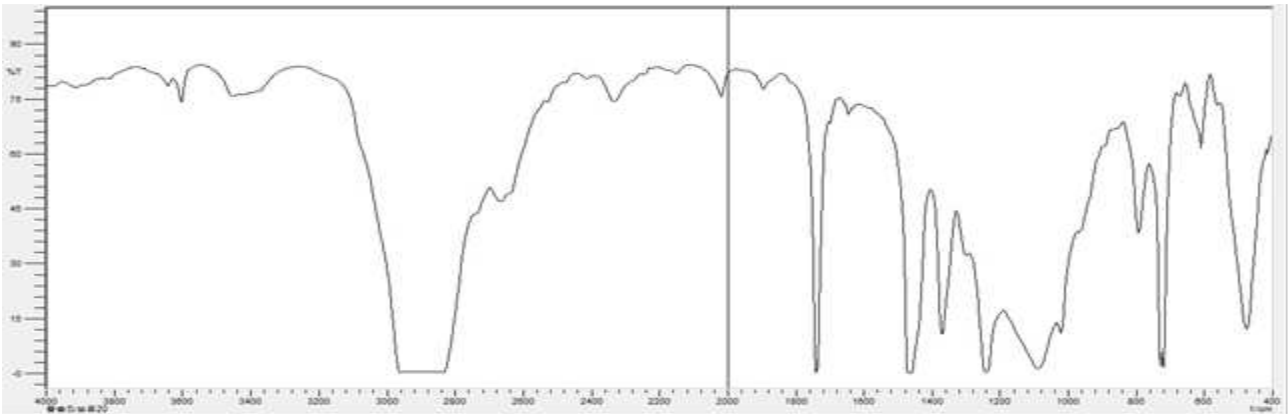
지구 복사에 의하여 발생하는 원적외선의 파장대는 $1250\sim 750\text{cm}^{-1}$ 구간으로 이 구간의 흡수 Peak가 커질수록 원적외선을 흡수하는 것으로 알려져 있다. 유,무기 소재를 처방한 필름을 압출하여 각각의 FT-IR Spectrum Peak를 분석하여 보온 성능을 평가하였다.

① 유기소재



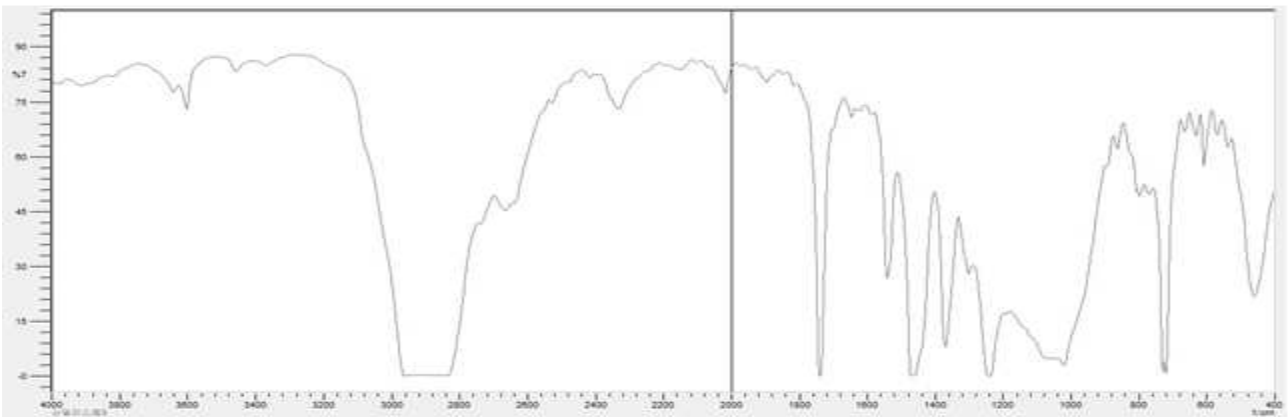
<그림58> 유기 보온소재 FT-IR Spectrum

② 무기소재 (Si 10)



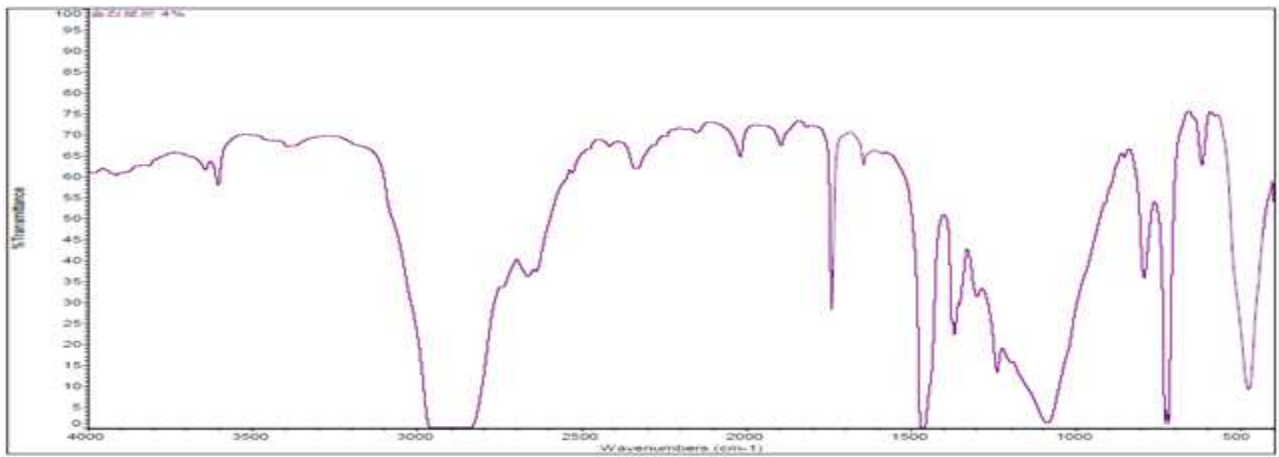
<그림59> 무기 보온소재 (Si 10) FT-IR Spectrum

③ 무기 보온소재 (Si-6)



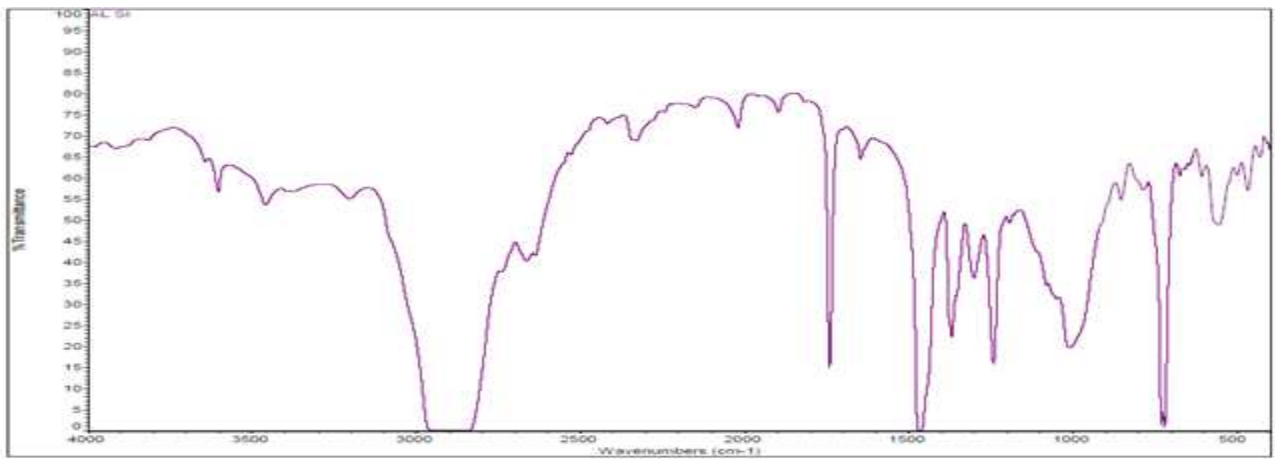
<그림60> 무기 보온소재 (Si 6) FT-IR Spectrum

④ 무기 보온소재 (Si-4)



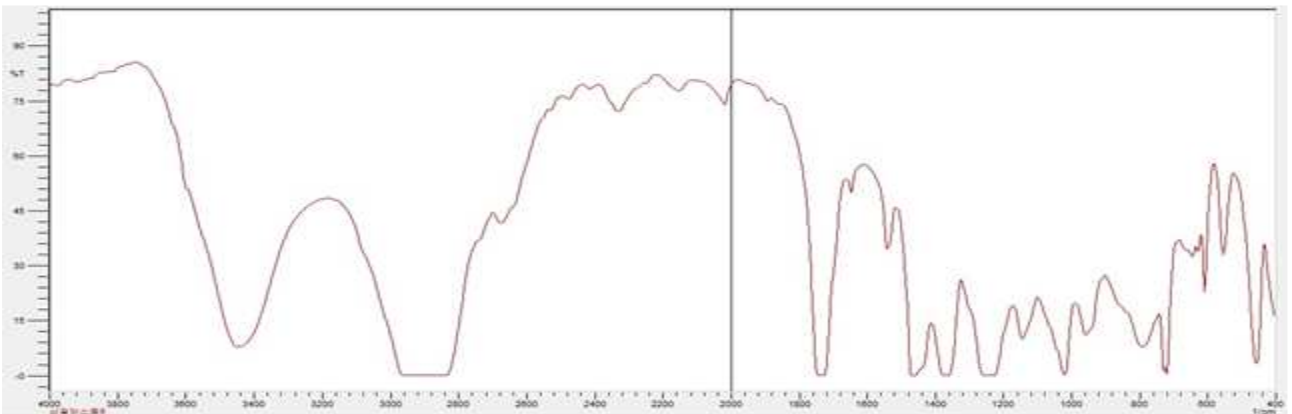
<그림61> 무기 보온소재 (Si 4) FT-IR Spectrum

⑤ 무기 보온소재 (Al - Si)



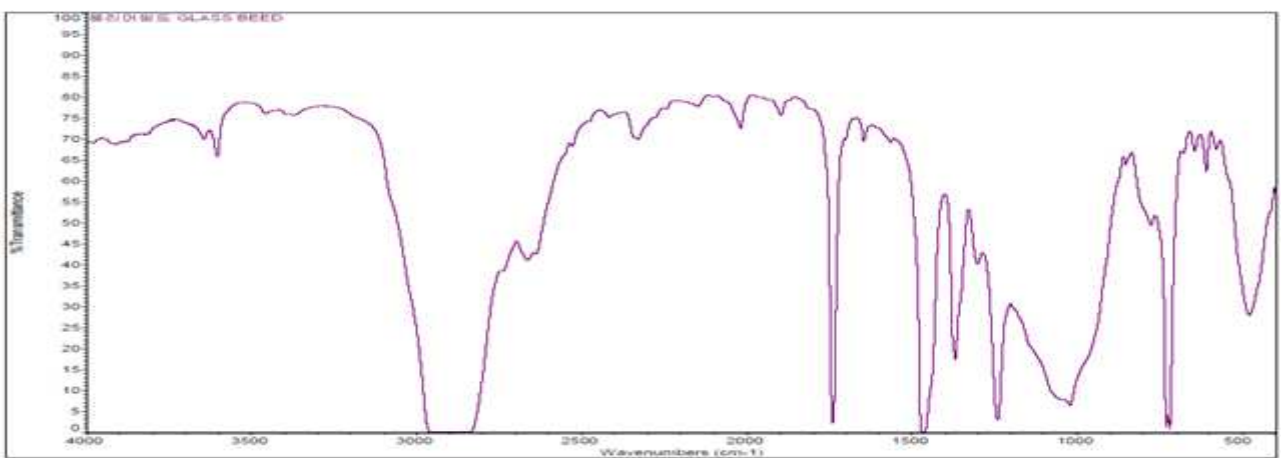
<그림62> 무기 보온소재 (Al - Si) FT-IR Spectrum

⑥ 무기 보온소재 (Mica)



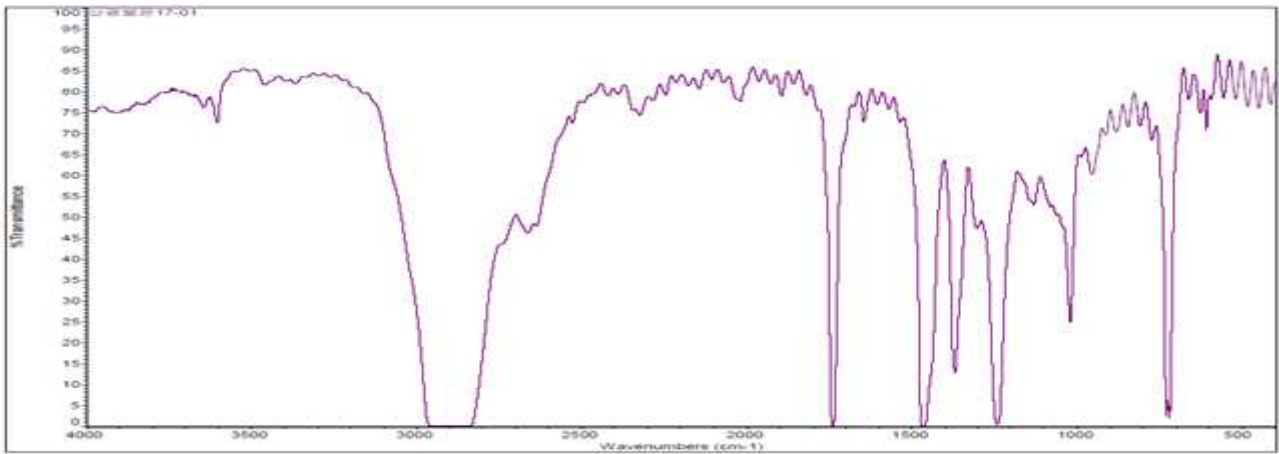
<그림63> 무기 보온소재 (Mica) FT-IR Spectrum

⑦ 무기 보온소재 (Glass Bead)



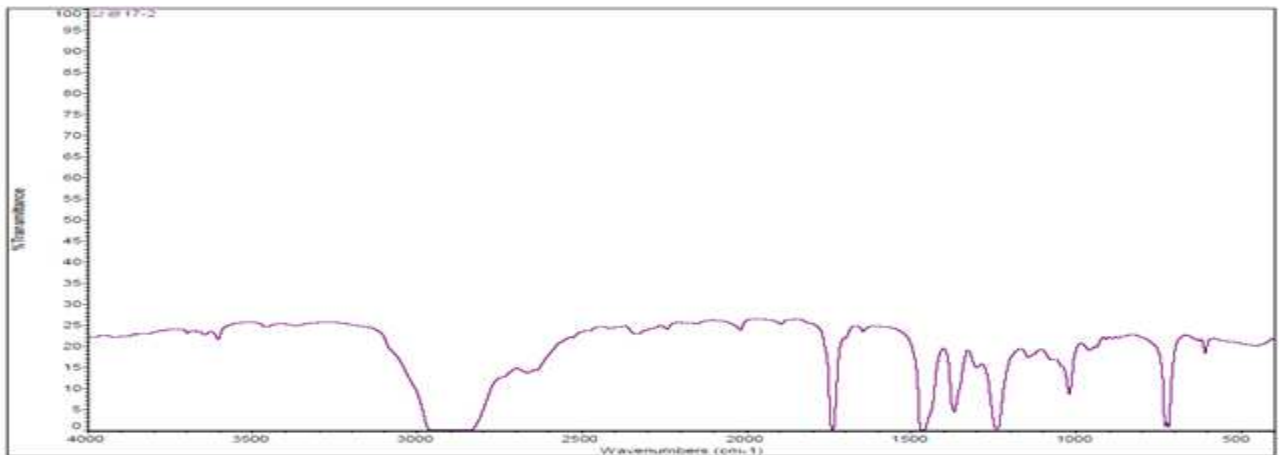
<그림64> 무기 보온소재 (Glass Bead) FT-IR Spectrum

⑧ 무기 보온소재 (Glass Bubble 2)



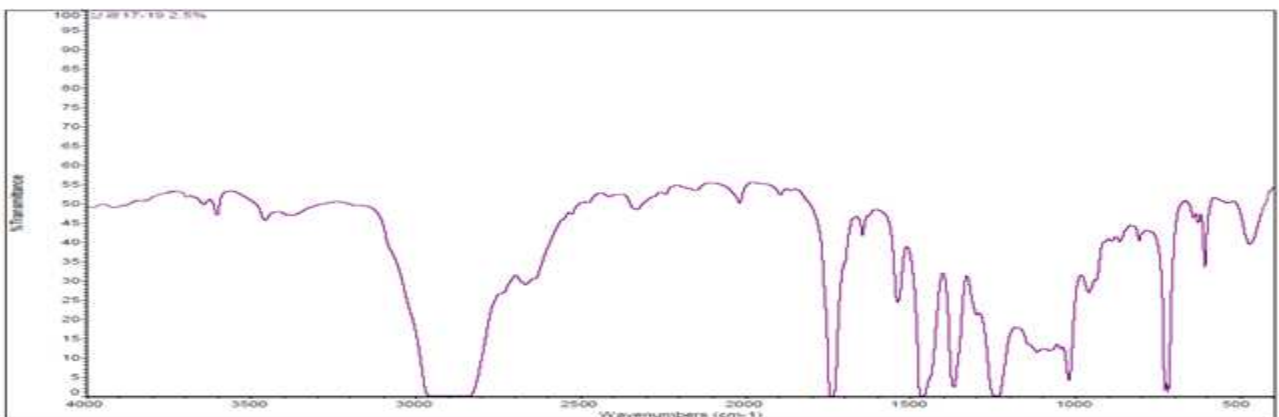
<그림65> 무기 보온소재 (Glass Bubble 2) FT-IR Spectrum

⑨ 무기 보온소재 (Glass Bubble 1)



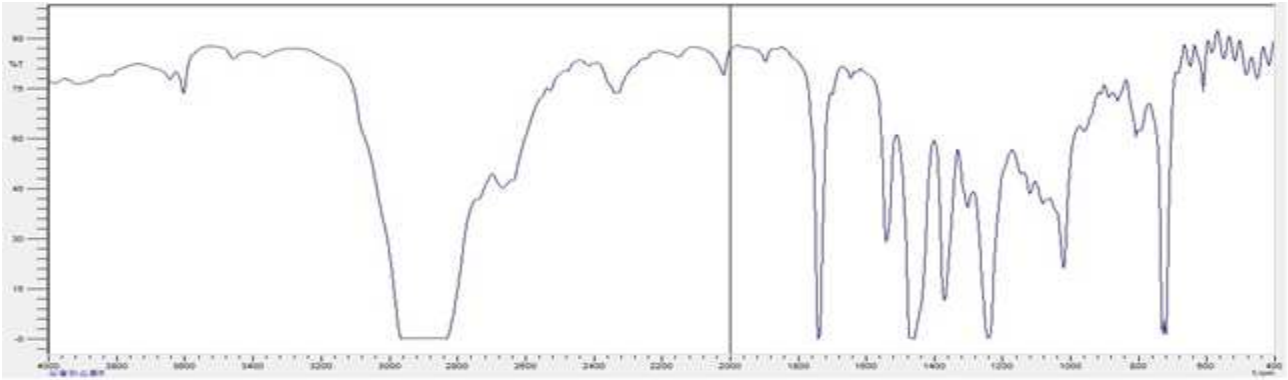
<그림66> 무기 보온소재 (Glass Bubble 1) FT-IR Spectrum

⑩ 무기 보온소재 (Micro Spear)



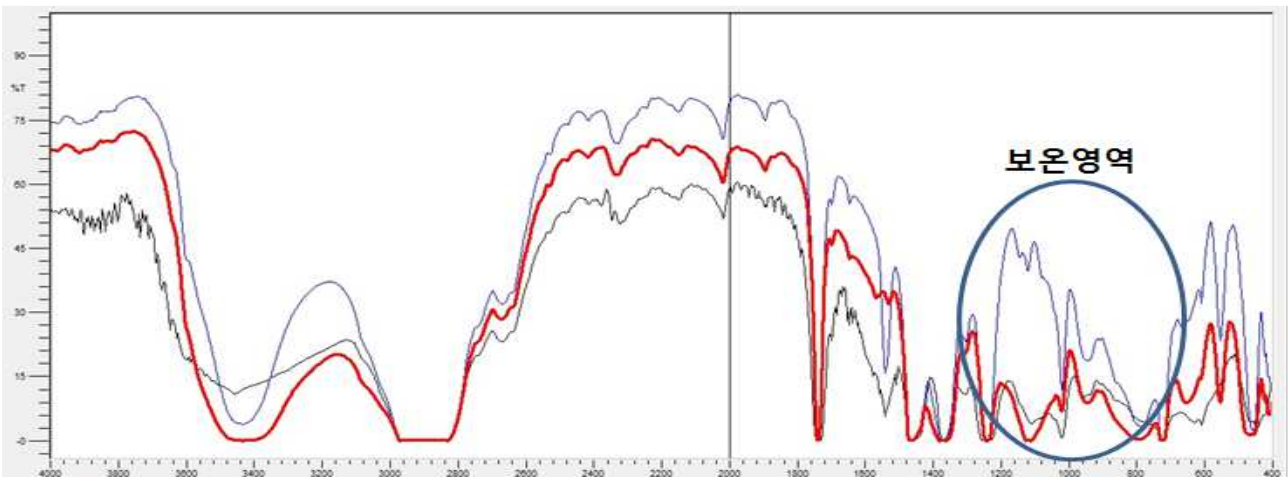
<그림67> 무기 보온소재 (Micro Spear) FT-IR Spectrum

⑪ 보온소재 (Rubber)



〈그림68〉 보온소재 (Rubber) FT-IR Spectrum

대부분의 무기 보온소재는 $1200\sim 1000\text{cm}^{-1}$ 구간에서 흡수 Peak를 나타내었고, 유기 보온소재는 $1000\sim 800\text{cm}^{-1}$ 구간에서 상대적으로 높은 흡수율을 나타내었다. 흡수율이 높은 소재 중 광학적 특성의 저하가 적은 소재를 선별하여 보온 첨가제로 선정하였다.



〈그림69〉 일본 PO코팅필름(흑색) & 국내 PO코팅필름(청색) & 개발품(적색) FT-IR Spectrum 비교

위 그림과 같이, 현재 국내에 보급되고 있는 일본 PO코팅필름 중 보온력이 가장 우수한 필름(흑색 Peak)과는 동등한 수준, 국내 PO코팅필름(청색Peak) 보다 원적외선 차폐 영역($1200\sim 800\text{cm}^{-1}$)에서 월등히 높은 흡수율을 확인 할 수 있다.

라. 적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발

식물이 생장을 하기 위하여 빛의 세기가 중요하다. 하지만 광합성을 위하여 전 파장대의 빛이 필요한 것은 아니며 아래 그림과 같이 주로 청색과 적색영역의 파장대를 이용한다. 각 파장대별로 식물 생육에 작용하는 효과가 구분되어지며 식물에 필요한 빛의 파장을 증폭 시켜주어 작물이 광합성 유효광을 최대한 활용할 수 있도록 하고자 한다. 본 연구에서는 식물의 광합성에 유효한 파장대의 빛을 증폭시켜 줄 수 있는 유.무기 Hybrid 광전환형광 소재를 이용하여 필름을 제조하는 기술을 연구하였다.



	파장(nm)	작용효과
적외선	1400~1000	열의 영향을 미침. 특별한 작용 없음.
	780	식물에 특별한 신장 효과를 촉진 시키는 파장.
가시광선	700	광합성 작용의 최대(670) - 발아저지(730)
	660	엽록소 작용 최대(655), 발아작용과 잎 배포(660)
	610	광합성에 유익하지 않음, 해충방제(580~650)
	510	노란 색소에 의한 일부 흡수, 어류 집어(485)
	430~440	광합성작용의 최대(430), 엽록소 작용의 최대(440), 해충유인
자외선	400~315	일반적으로 식물의 잎을 두껍게 하는 작용, 색소의 발색 촉진 작용, 해충 유인
	280	많은 합성 과정에 중요한 작용(면역체 형성)-강하면 해가 됨.
	100	식물을 급속하게 시들게 하는 작용

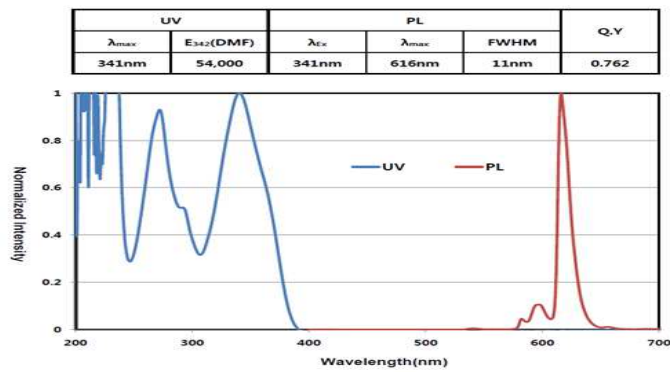
<그림70> 파장대별 식물에 미치는 작용 효과

(1) 유,무기 Hybrid 광전환형광 소재 (2차년도)

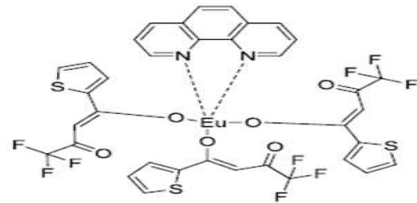
(가) 광전환형광 소재별 검토

1) 광전환 소재

① UV 광전환 소재

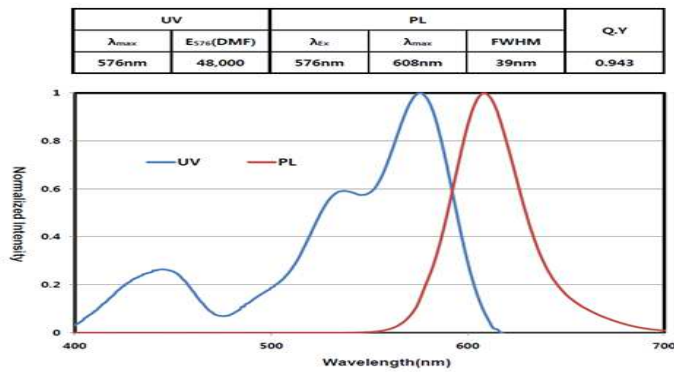


[화학식 5]

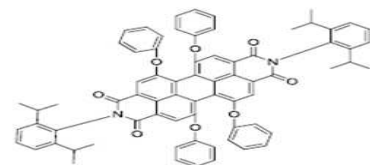


<그림71> 적외선 광전환 소재 성능표

② 적색 광전환 소재



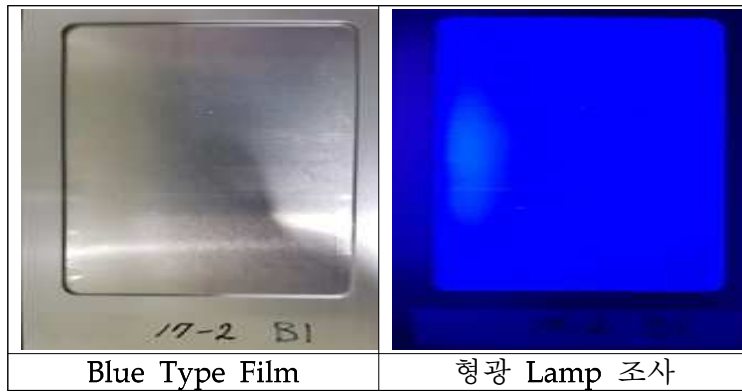
[화학식 1]



<그림72> 녹색 - 적색 광전환 소재 성능표

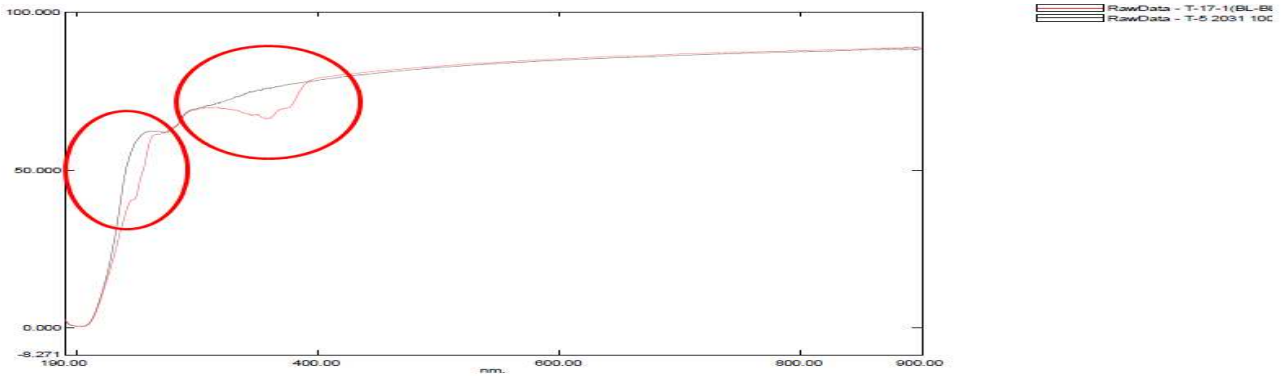
(2) 광전화 소재 평가

① Blue Type 광전환 소재



<그림73> Blue Type 광전환필름 UV Lamp 조사

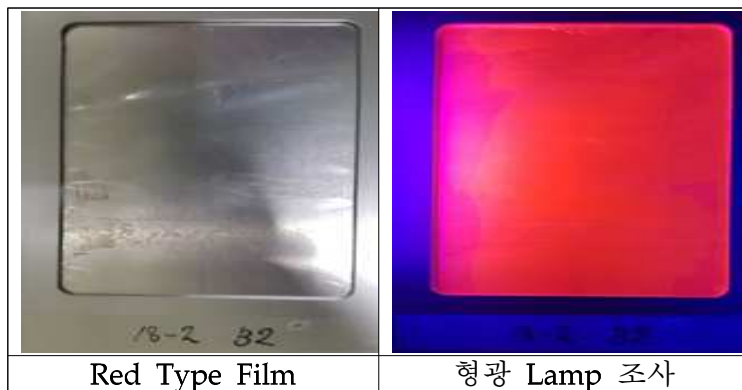
- UV형광Lamp(340nm) 조사 시, 청색광으로 전환 되는 것을 확인 할 수 있음



<그림74> UV-VIS Spectrometer (190-900nm)

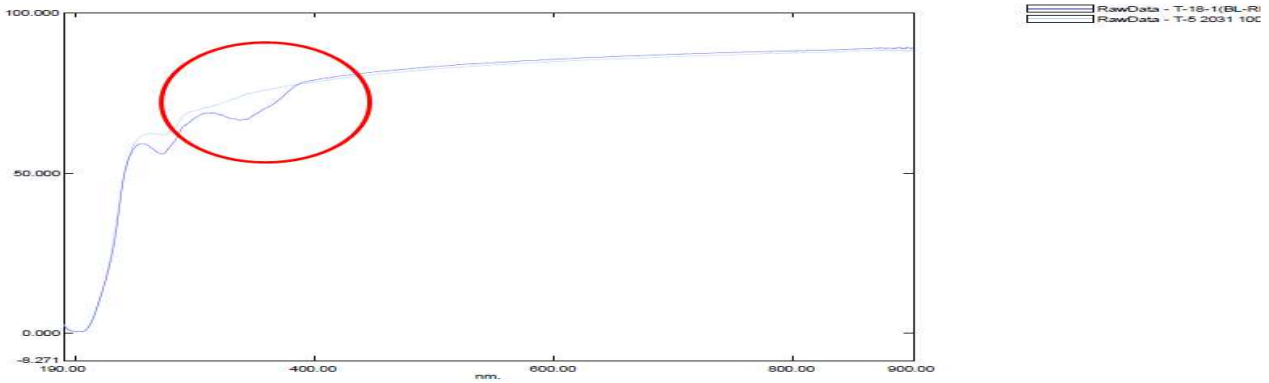
- UV-VIS Spectrometer 분석 결과, Reference(EVA) 대비 230-240nm와 340-380nm 영역에서 빛을 흡수하는 것을 확인 할 수 있음

② Red Type 광전환 소재



<그림75> Blue Type 광전환필름 UV Lamp 조사

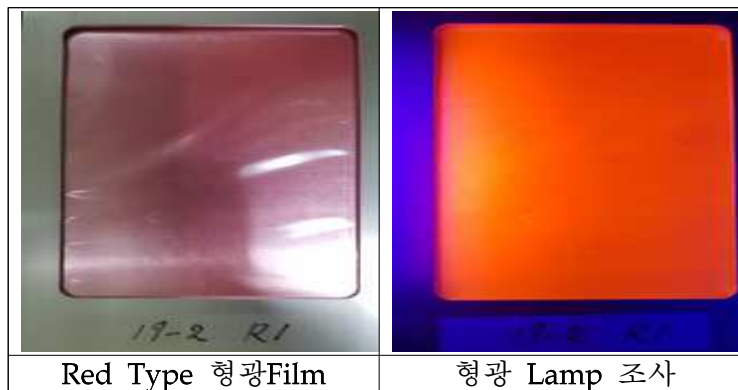
- UV형광Lamp(340nm) 조사 시, 적색색광으로 전환 되는 것을 확인 할 수 있음



<그림76> UV-VIS Spectrometer (190-900nm)

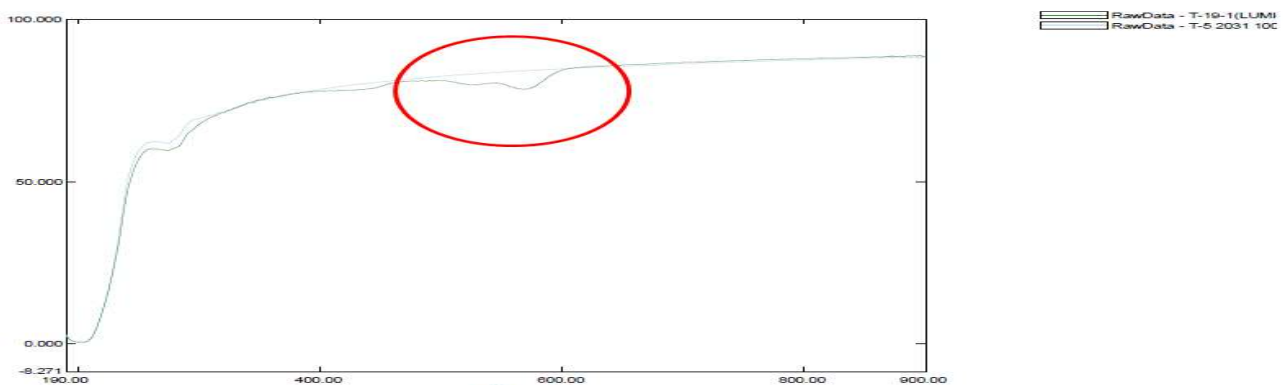
- UV-VIS Spectrometer 분석 결과, Reference(EVA) 대비 340-380nm 영역에서 빛을 흡수하는 것을 확인 할 수 있음

③ Red Type 형광 소재



<그림77> Red Type 형광필름 UV Lamp 조사

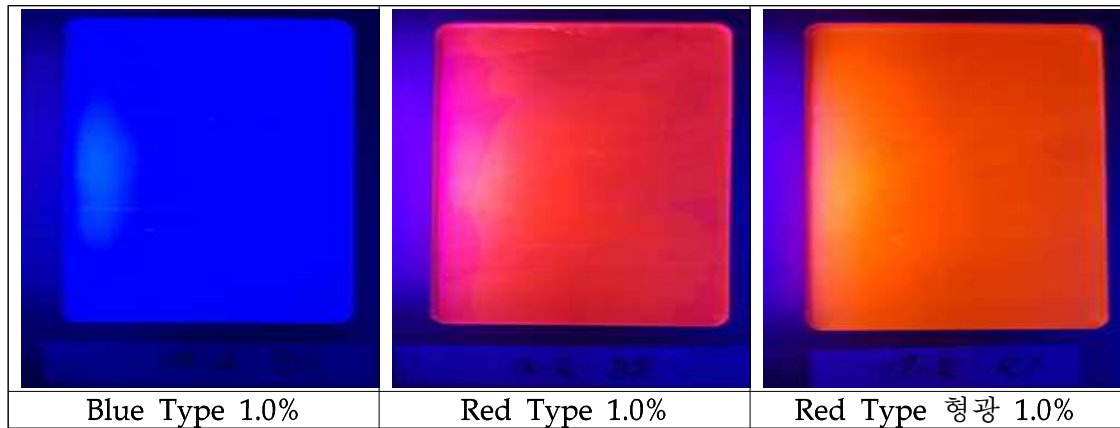
- UV형광Lamp(340nm) 조사 시, 적색색광으로 전환 되는 것을 확인 할 수 있음



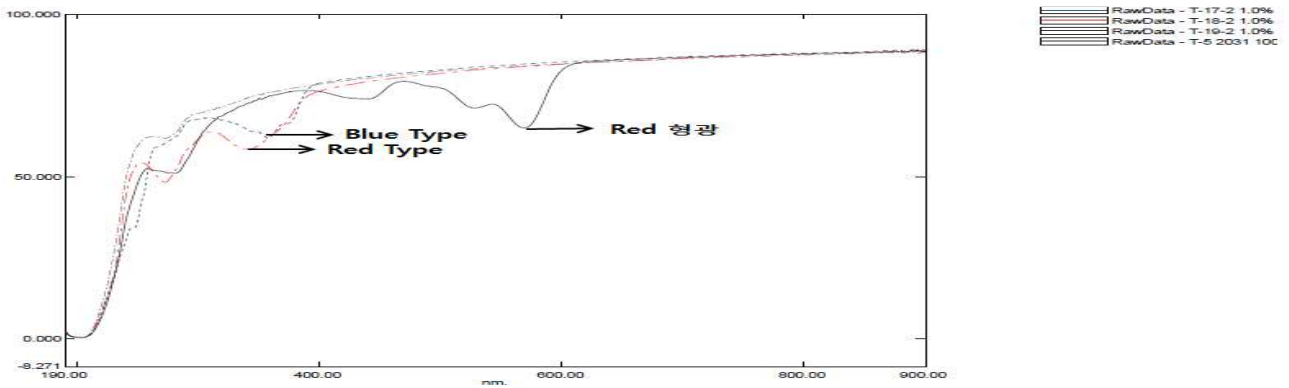
<그림78> UV-VIS Spectrometer (190-900nm)

- UV-VIS Spectrometer 분석 결과, Reference(EVA) 대비 534-580nm 영역에서 빛을 흡수하는 것을 확인 할 수 있음

④ 광전환 소재별 비교



<그림79> Blue Type 광전환소재 함량별 UV Lamp 조사

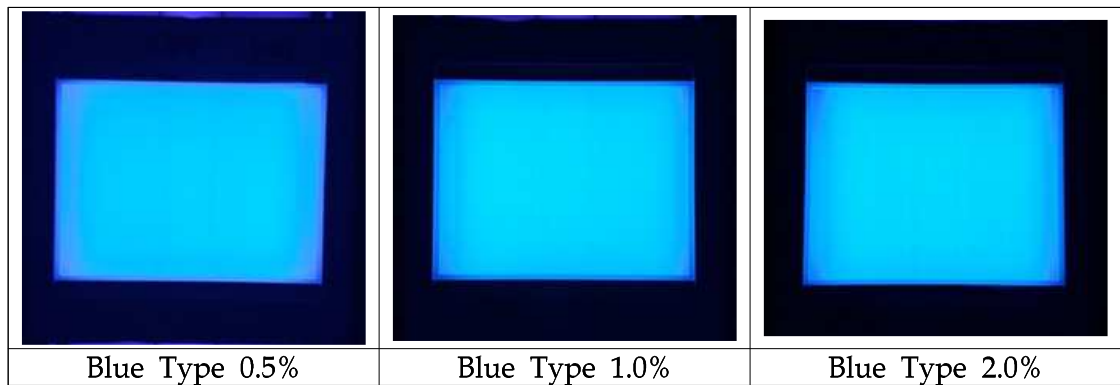


<그림80> 각 소재별 1% 함량 VU-VIS Spectrometer 비교

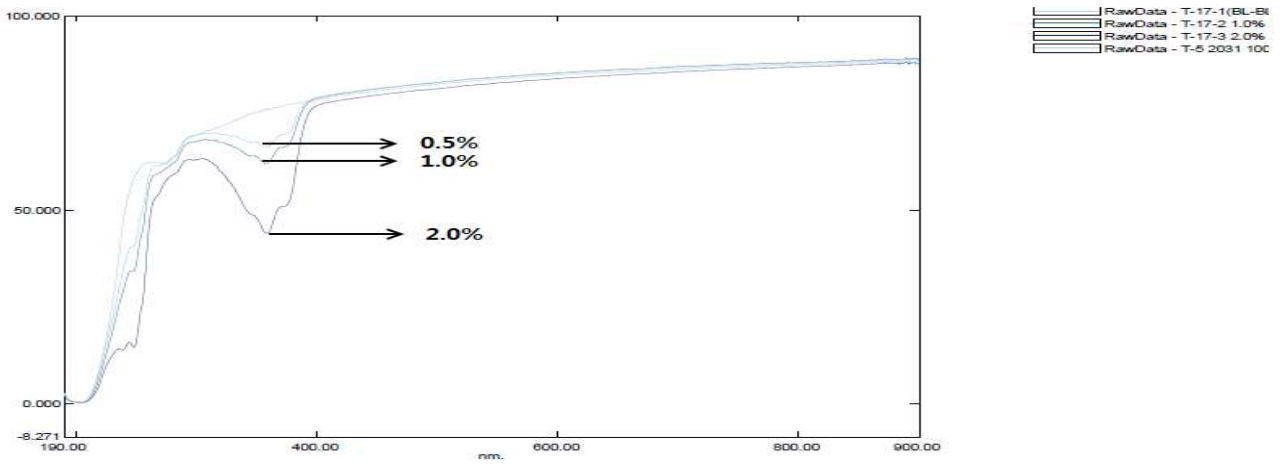
(3) 소재 함량별 비교 분석

각 광전환, 형광 소재의 함량별 광전환 효과를 분석하기 위하여 필름 압출 시, 0.5%, 1.0%, 2.0% 씩 달리 처방하여 필름을 생산하였다. 압출된 필름으로 UV Lamp 조사하기 전, 후의 발현되는 필름의 색상을 변화를 비교 하였고 UV-Vis Spectrometer로 흡수되는 파장의 영역을 분석하였다.

① Blue Type 광전환 소재

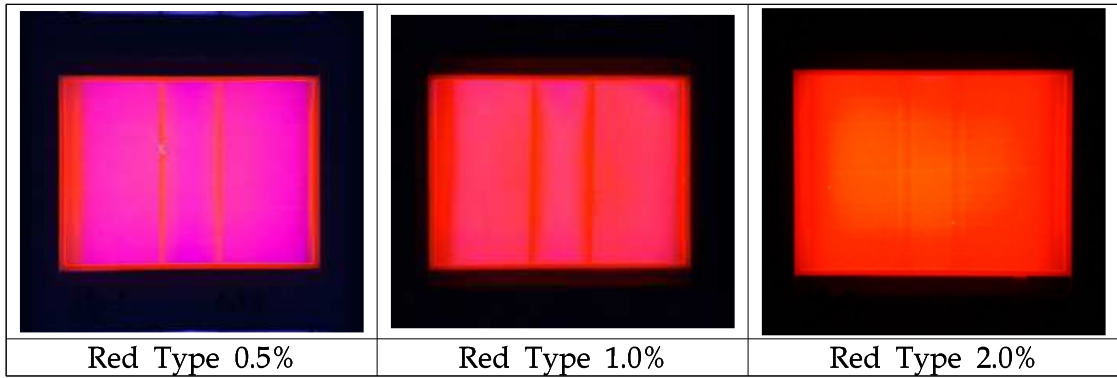


<그림81> Blue Type 광전환소재 함량별 UV Lamp 조사

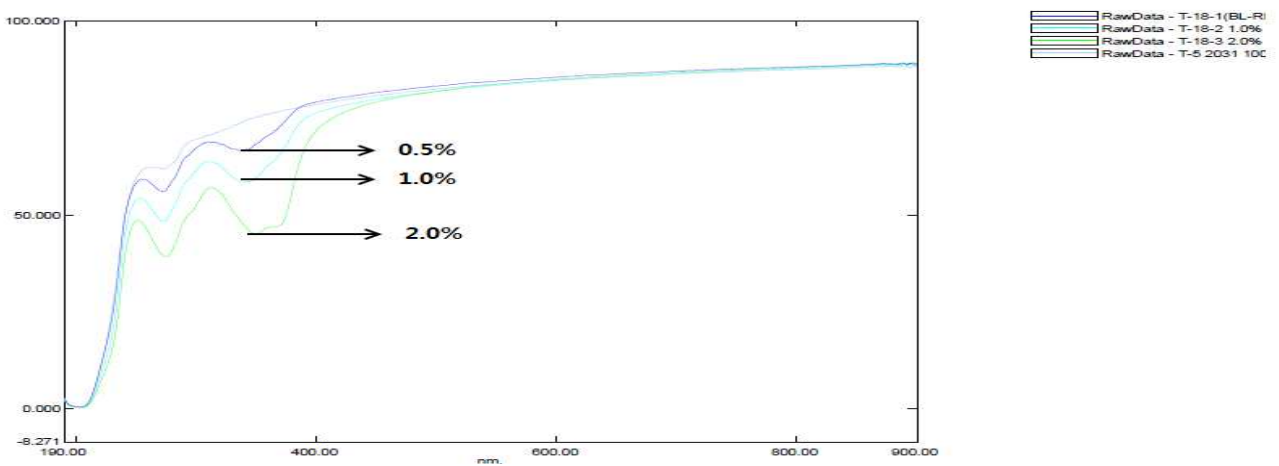


<그림82> 함량별 VU-VIS Spectrometer 비교

② Red Type 광전환 소재

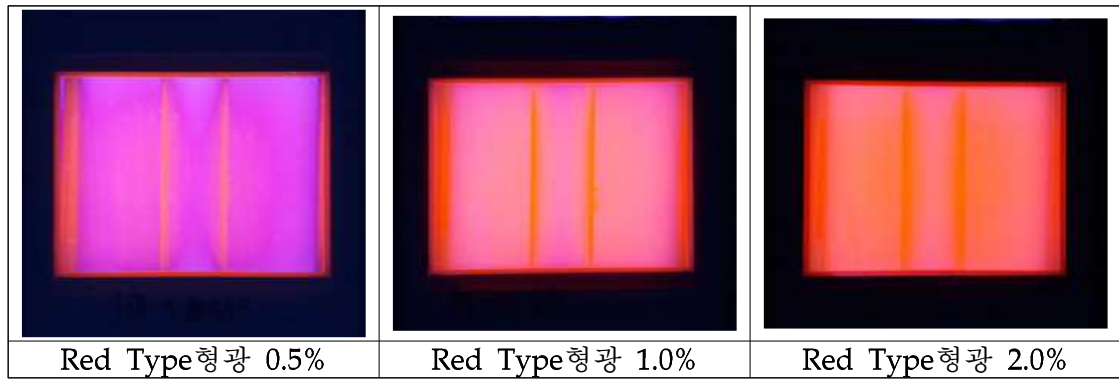


<그림83> Blue Type 광전환소재 함량별 UV Lamp 조사

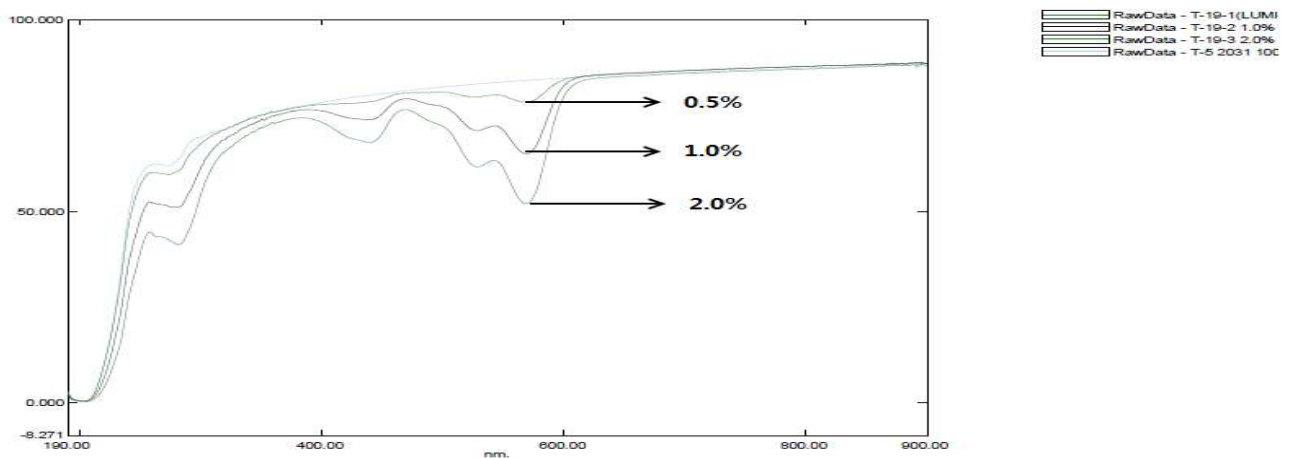


<그림84> 함량별 VU-VIS Spectrometer 비교

③ Red Type 광전환 소재



〈그림85〉 Red Type 형광소재 함량별 UV Lamp 조사



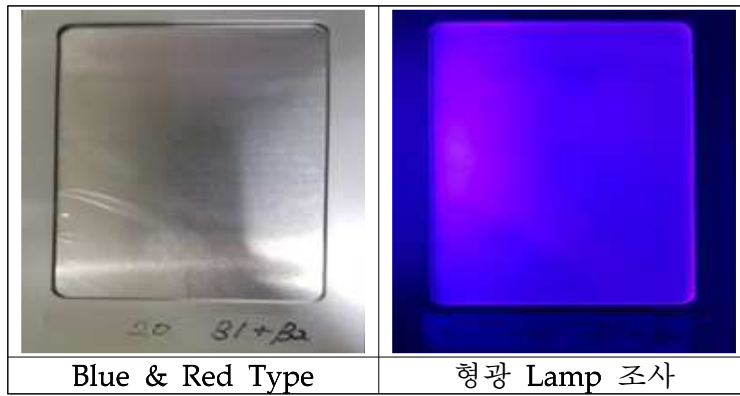
〈그림86〉 함량별 VU-VIS Spectrometer 비교

종합하여 볼 때, Blue Type의 소재는 함량이 증가할수록 UV-B 영역인 260nm 이하의 파장대와 UV-A 영역인 330~380nm의 파장대 흡수 Peak가 증가하는 것을 확인 할 수 있었으며, Red Type 소재는 Blue Type과 흡사한 UV-A 영역인 330~380nm의 파장대 흡수 Peak가 증가하였으나, UV-B 영역은 260~290nm의 파장 흡수 Peak가 증가 하는 것을 확인 할 수 있었다. 이와 다르게 Red Type 형광소재는 일부 UV-B 영역과 400~450nm, 500~600nm의 가시광선 영역대에서 흡수 Peak가 증가하였다.

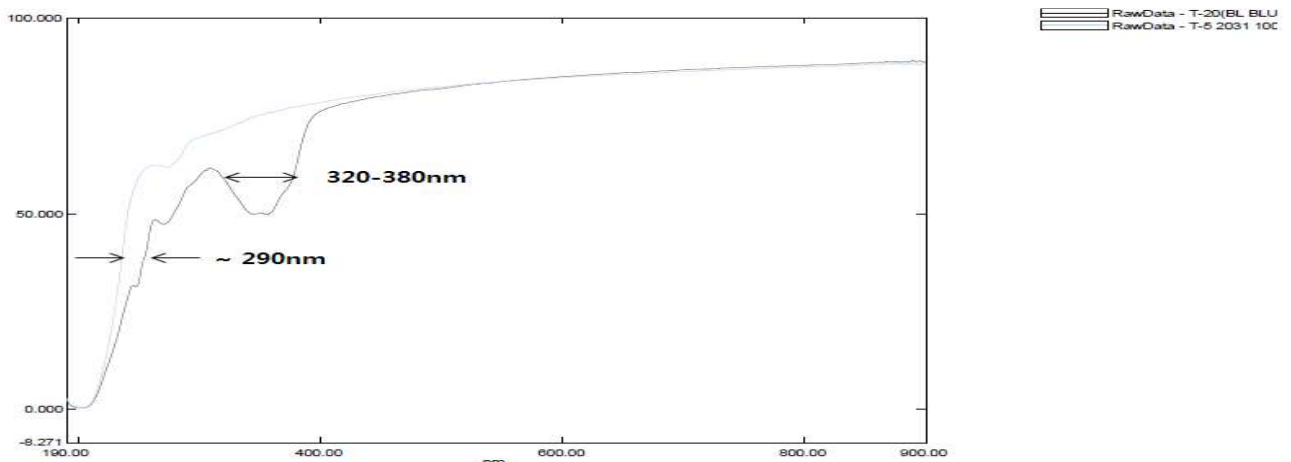
(4) 소재별 혼합 특성 비교 분석

식물의 광합성 유효광인 청색영역과 적색 영역으로의 광전환을 위하여 Blue Type, Red Type, Red 형광 Type의 소재를 각각 1%씩 혼합하여 필름을 제조하였다. UV Lamp를 조사하기 전, 후의 발현되는 필름의 색상을 변화를 비교 하였고 UV-Vis Spectrometer로 흡수되는 파장의 영역을 분석하였다.

① Blue Type & Red Type 광전환 소재 혼합



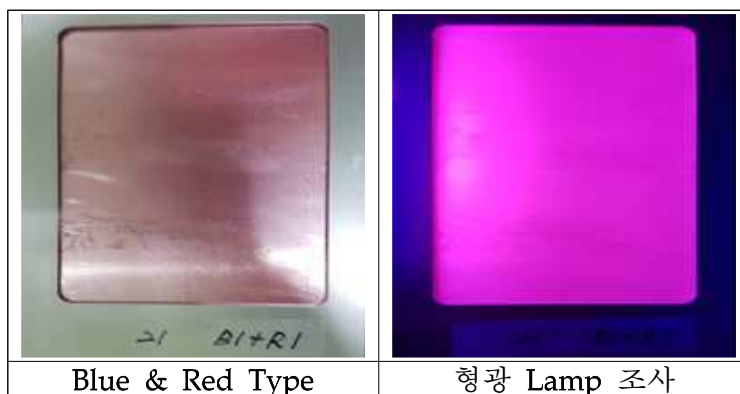
<그림87> Blue & Red Type 광전환소재 혼합 UV Lamp 조사



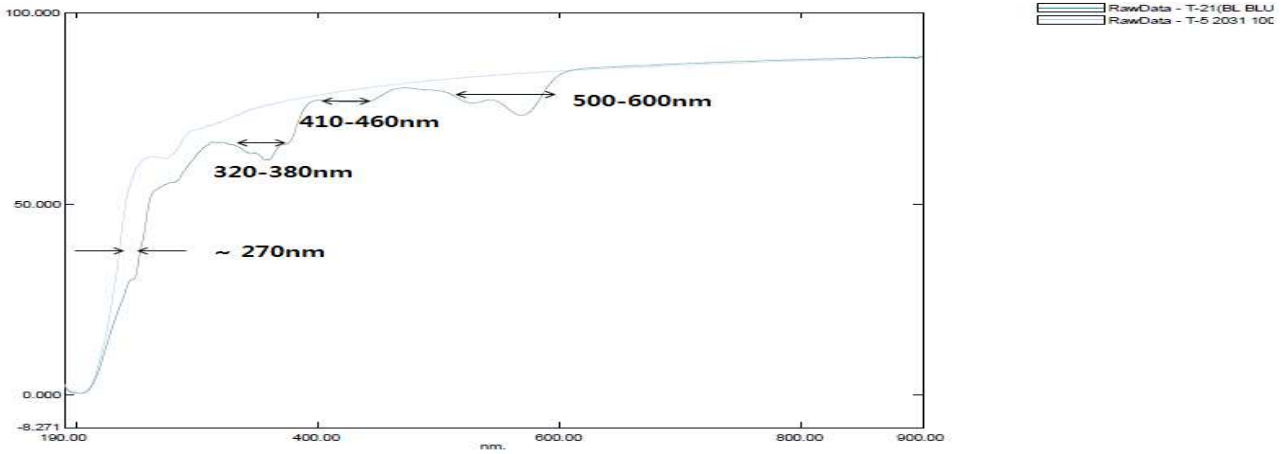
<그림88> 합량별 VU-VIS Spectrometer 비교

- Blue Type과 Red Type의 광전환 소재는 380nm 이하의 자외선 영역을 흡수하여 각각 청색과 적색으로 광전환 하는 것을 확인 할 수 있음

② Blue Type & Red 형광 Type 광전환 소재 혼합

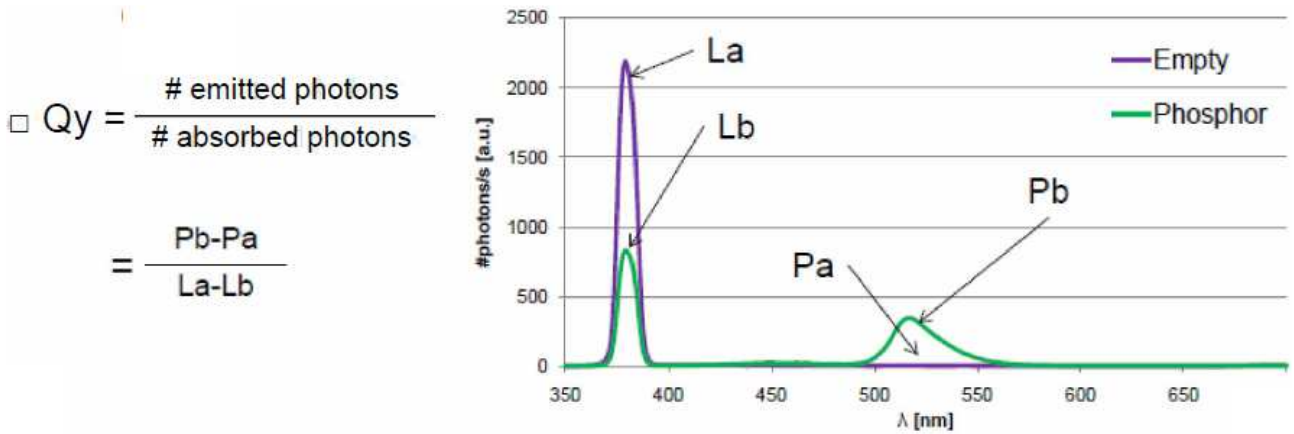


<그림89> Blue & Red Type 광전환소재 혼합 UV Lamp 조사



〈그림90〉 함량별 VU-VIS Spectrometer 비교

(5) 소재별 Quantum Yield 측정 결과

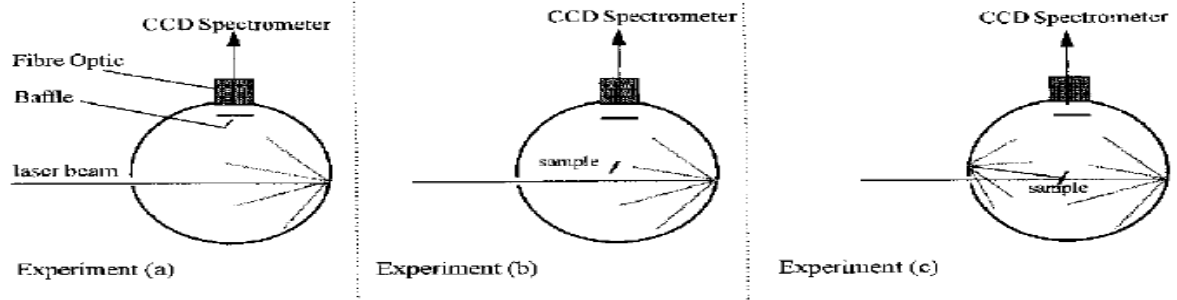


〈그림91〉 Quantum Yield정의, 파장별 광전자수

본 실험에서는 굴절구 안에 Blue, Red계열의 광전환 소재와, Red계열의 형광소재를 위치하여 350nm와 576nm의 파장 대에 광자를 입사시켜 샘플에 의해 흡수, 굴절되는 광자와 굴절구 벽면에 굴절되는 광자를 측정하였다.

파장대별 광자의 수의 그래프에서 Quantum Yield를 구하는 식을 살펴보면 굴절구 내 Sample의 없을 때 흡수파장대 Peak(La), 방출파장대 Peak(Pa), 굴절구 내 Sample이 있을 때 흡수파장대 Peak(Lb), 방출파장대 Peak(Pb)의 값의 차이로 Qy를 구할 수 있다. 이 방식을 사용하여 Quantum Yield를 계산하여 각 소재별 농도 변화에 따라 얼마나 광전환 효율을 갖고 있는지 확인하는 실험을 진행하였다.

다음은 본 실험에서 사용된 Data값의 기본정의를 나타내었다.



L1 : Incident light, L2 : sample scattering, L3 : Indirect ex. scattering
 E2 : Sample fluorescence, E3 : Indirect ex. fluorescence, Abs. : (L3-L2)/L3
 Ex. Quantum yield(Ex. QY) : (E2-E3×L2/E3)/L1, In. Quantum yield(In. QY) : Ex.Qy/A

Quantum Yield(양자 수득률) : 빛의 흡수에 이어 일어나는 발광 또는 광전자 방출 등에서, 흡수한 광자의 수에 대하여 방출한 광자의 수 또는 광전자 수의 비율, Qy의 값이 클수록 전환되는 양자의 수가 많아짐을 나타냄.

그림(a)는 굴절구 내 샘플이 없는 상태에서 빛을 조사한 것으로 Incident light(L1)이 측정기에 수치로 나타내며, 그림(b)는 샘플이 있는 상태에서 빛을 샘플에 조사하여 Scattering(L2)된 수치이다. 그림(c)의 경우 샘플이 굴절구 내 위치한 상태에서 빛을 샘플이 아닌 굴절구 벽면에 조사하여 Scattering된 수치 값을 나타내며 굴절구 벽면에 의한 Scattering값을 보정해주기 위한 측정값이다.

E2의 값은 샘플이 흡수하여 fluorescence된 값이고 E3는 굴절구 벽면이 광자를 흡수하여 측정된 값을 나타내고 있다. Ex. QY는 샘플에 의해 전환되어 밖으로 나가는 양자 수득률을 정의하고 In. QY는 샘플에 의해 전환되어 흡수되는 양자수득률로 본 실험에서는 염료의 소재만 변화를 주고 두께, 소재의 원료는 동일하므로 농도가 변화해도 In. QY값은 일정한 값을 나타내야해 실험에 정확성을 나타내는 척도로 이용하였다.

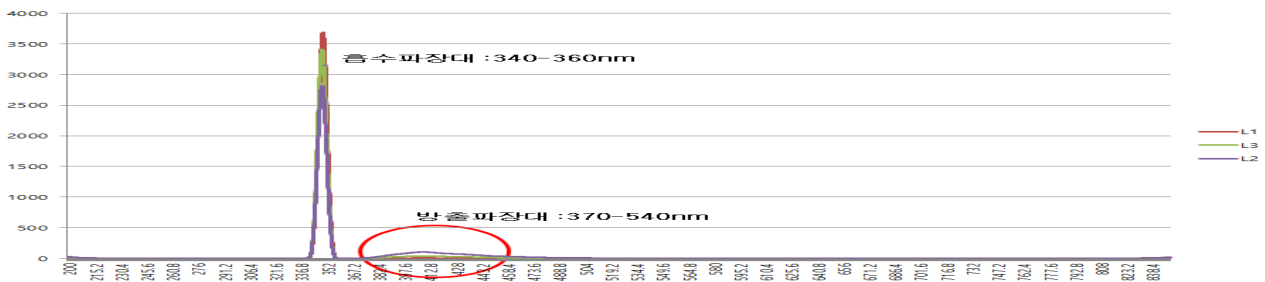
① Blue Type 광전환 소재(BL-BLUE)

Red Dye				BL Blue Film		
				No 1	No 2	No 3
				0.50%	1.00%	2.00%
excitation	emission					
L1		incident light	16025	23796.93	23796.93	23796.93
L2		sample scattering	14359	18622.37	14704.58	13655.9
	E2	sample F	2630	6409.11	10194.09	10972.46
L3		indirect Ex. Scattering	15578	22422.48	21660.7	21391.75
	E3	indirect ex. F	1505	2757.63	3431.86	3922.59
calculation	Abs.	(L3-L2)/L3	0.0782126	0.1694777	0.3211401	0.3616277
	Ex. QY	(E2-E3 x L2/L3)/ L1	0.0775471	0.1730827	0.330477	0.3558605
	In. QY	Ex. QY/ Abs	0.9914909	1.0212713	1.0290741	0.984052
%	Abs.		7.821	16.948	32.114	36.163
	Ex. QY		7.755	17.308	33.048	35.586
	In. QY		99.149	102.127	102.907	98.405

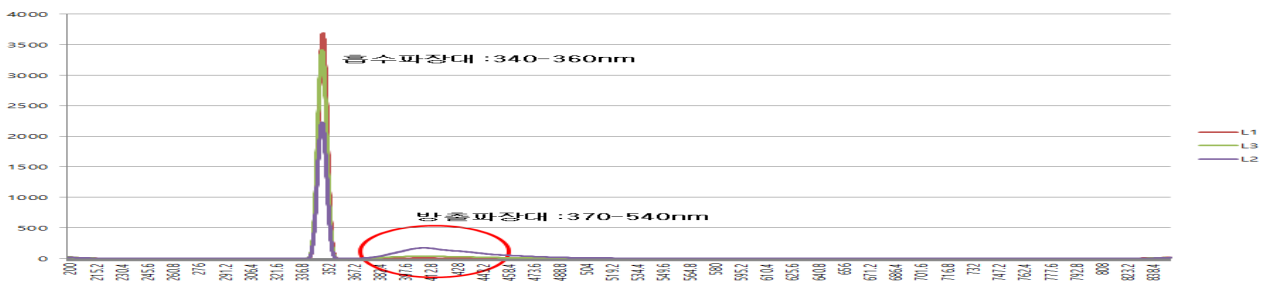
<표22>Blue Type 광전환 소재 Quantum Yield DATA

Blue Type 광전환 소재의 농도가 증가할 때, Ex. Quantum Yield의 값이 커지는 경향성을 확인 이를 파장대별 양자의 수의 그래프로 살펴보면 다음과 같다.

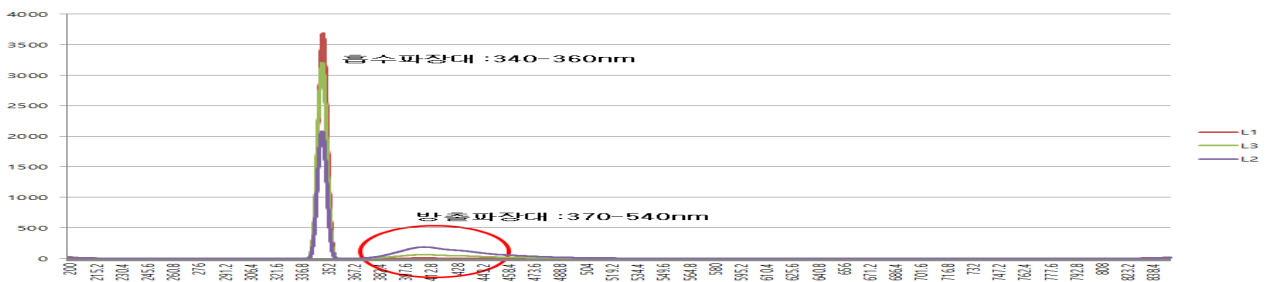
BL-BLUE(0.5%)



BL-BLUE(1.0%)

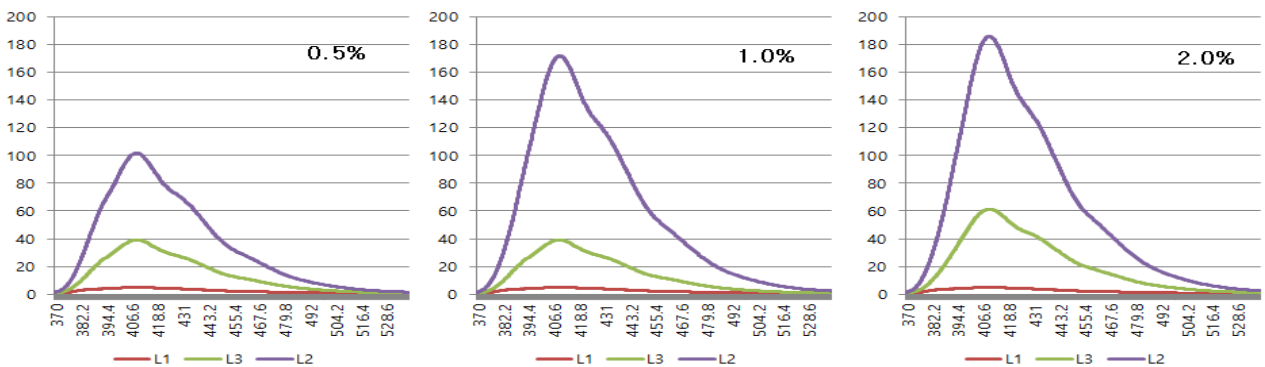


BL-BLUE(2.0%)



〈그림92〉 Blue Type 광전환 소재 파장대별 광전자 수

그래프에서 농도가 증가할수록 흡수파장대의 그래프는 일정하나 방출파장대의 Peak이 올라가는 점을 확인할 수 있었다. 이는 농도가 높아지면서 방출되는 광자수가 증가한다는 뜻으로 앞서 Data Sheet에서 Ex. Quantum Yield값이 농도에 따라 증가하는 경향과 일치하였다.



〈그림93〉 Blue Type 광전환 소재 방출파장대 농도별 광전자 수

370-540nm의 방출파장대에서 각 농도에 따른 그래프를 확대하여 살펴보면 Blue Type의 광전환 소재는 농도가 증가할 때 샘플이 존재하는 Sample scattering(L2)의 최고점 Peak이 증가하였고 반대로 샘플이 굴절구 내 없을 때 Incident Light(L1)의 수치는 농도에 따라 차이가 없음을 확인할 수 있다.

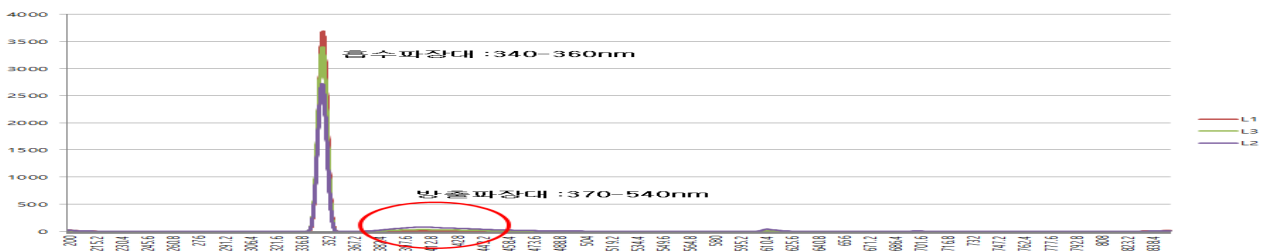
종합적으로 Blue Type의 광전환 소재는 380nm 자외선 영역에서 농도가 증가함에 따라 방출파장대의 Peak가 증가였고 이는 Quantum Yield가 증가함을 나타내기 때문에 소재의 농도가 증가할수록 전환되는 양자의 수가 증가된다는 걸 확인할 수 있었다.

② Red Type 광전환소재(BL-RED)

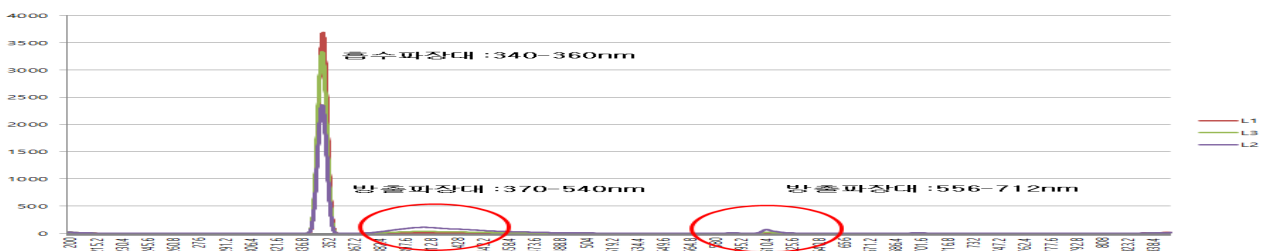
Red Dye	excitation	emission		BL Red Film		
				No 4 0.50%	No 5 1.00%	No 6 2.00%
L1		incident light	16025	23796.93	23796.93	23796.93
L2		sample scattering	14359	17990.35	18055.74	12642.49
	E2	sample F	2630	5558.77	2620.93	6437.1
L3		indirect Ex. Scattering	15578	22566.35	22508.84	20692.55
	E3	indirect ex. F	1505	2387.35	1280.74	2673.53
calculation	Abs.	(L3-L2)/L3	0.0782126	0.2027798	0.1978378	0.3890318
	Ex. QY	(E2-E3 x L2/L3)/ L1	0.0775471	0.1536134	0.0669653	0.2018604
	In. QY	Ex. QY/ Abs	0.9914909	0.7575378	0.3384859	0.518879
%	Abs.		7.821	20.278	19.784	38.903
	Ex. QY		7.755	15.361	6.697	20.186
	In. QY		99.149	75.754	33.849	51.888

<표23> Red Type 광전환 소재 Quantum Yield DATA

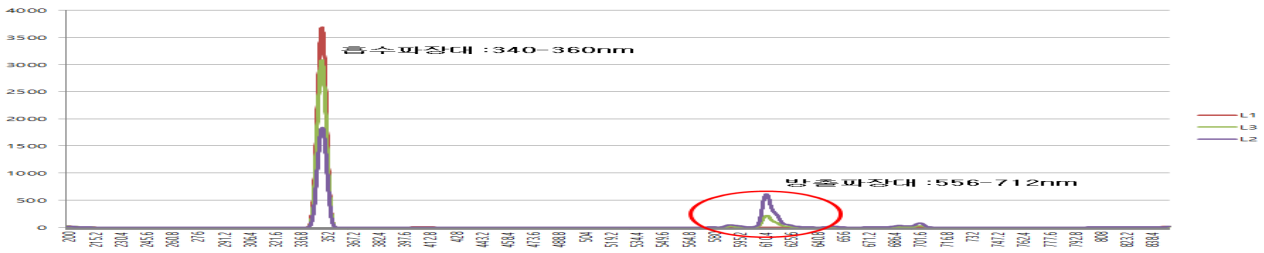
BL-RED (0.5%)



BL-RED (1.0%)

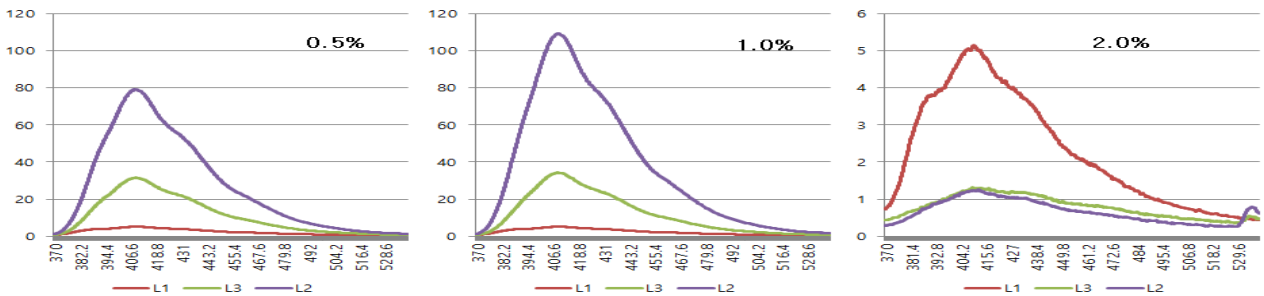


BL-RED (2.0%)



〈그림94〉 Red Type 광전환 소재 파장대별 광전자 수

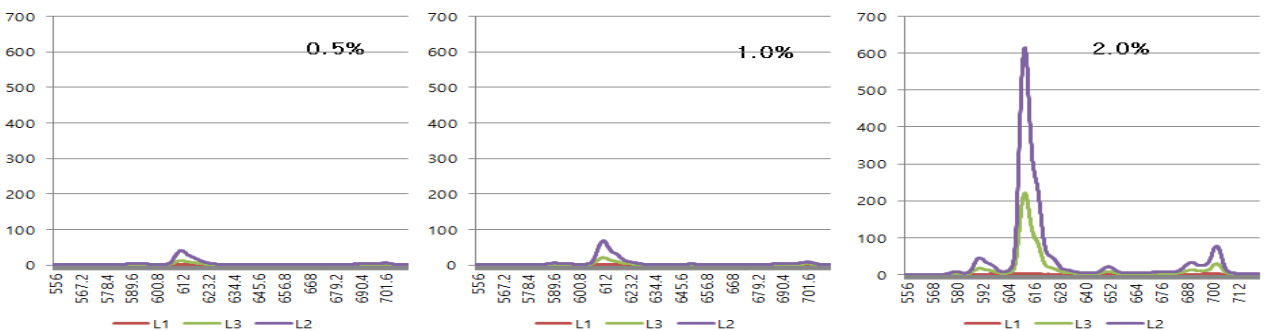
BL-Red의 경우에는 방출파장대가 농도가 증가할수록 최고점 Peak의 파장이 이동하는 모습을 확인할 수 있었다. 이는 다른 소재 파장대별 광자수의 그래프에서 발견되지 않은 현상으로 측정기계에 Data table에서도 Ex. QY의 값이 다른 소재와 달리 농도가 증가할수록 값이 커지는 경향성을 보이지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 In. QY의 값도 농도에 따라 값이 일정하지 않음을 확인할 수 있다. 앞선 설명에서 샘플에 두께, 원료의 성분은 모두 동일하므로 농도에 변화하여도 In. QY의 값은 일정한 경향을 나타내야 하는데 BL-Red소재의 경우 이를 확인할 수 없어 추후 실험상의 오류인지 확인하는 추가 실험 진행을 논의 중에 있다.



〈그림95〉 Red Type 광전환 소재 370-540nm파장대 농도별 광전자 수

두 Peak의 방출파장대의 그래프를 확대해보면 370-540nm의 방출파장대 영역에서 소재의 농도가 0.5%와 1.0%일 때, 농도가 증가할수록 방출되는 양자의 수가 증가한다는 점을 확인할 수 있었다. 하지만 농도가 2.0%일 때, L2의 값이 다른 그래프보다 낮아지는 점을 확인했으며, 방출되는 양자의 수 또한 급격하게 낮아지는 현상을 확인했다.

또 다른 556-712nm 방출파장대를 살펴보면



〈그림96〉 Red Type 광전환 소재 556-712nm파장대 농도별 광전자 수

소재의 농도가 증가할수록 방출되는 양자의 수가 증가했으며 특히 1.0%에서 2.0%로 농도가 증가하였을 때 증가하는 수가 급격히 늘어남을 확인할 수 있었다. 또한, 그래프의 Peak이 가파르게 증가되어 방출되는 양자수도 350nm영역에서보다 그 수가 크다는 것을 확인할 수 있었다.

종합적으로 Red Type에 광전환 소재에서는 추가실험이 필요하나 556-712nm의 방출파장대를 살펴보면 Peak 수치가 증가함을 확인했다.

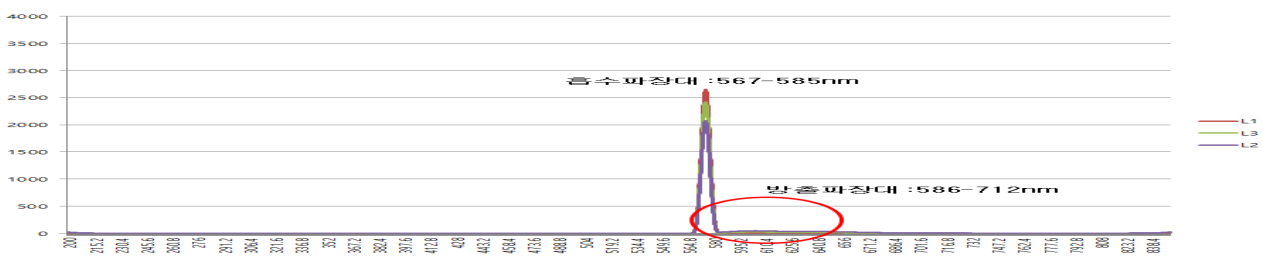
③ Red Type 형광 소재(LUMI-RED)

Red Dye				Red Film		
				No 7	No 8	No 9
				0.50%	1.00%	2.00%
excitation	emission					
L1		incident light	16025	16728.72	16728.72	16728.72
L2		sample scattering	14359	13043.55	9960.91	8181
	E2	sample F	2630	4030.74	6671.07	8101.06
L3		indirect Ex. Scattering	15578	15249.5	13914.06	13701.98
	E3	indirect ex. F	1505	2228.1	3289.3	3480.15
calculation	Abs.	(L3-L2)/L3	0.0782126	0.1446572	0.2841119	0.402933
	Ex. QY	(E2-E3 x L2/L3)/ L1	0.0775471	0.1270241	0.2580173	0.3600501
	In. QY	Ex. QY/ Abs	0.9914909	0.8781043	0.9081538	0.8935731
%	Abs.		7.821	14.466	28.411	40.293
	Ex. QY		7.755	12.702	25.802	36.005
	In. QY		99.149	87.810	90.815	89.357

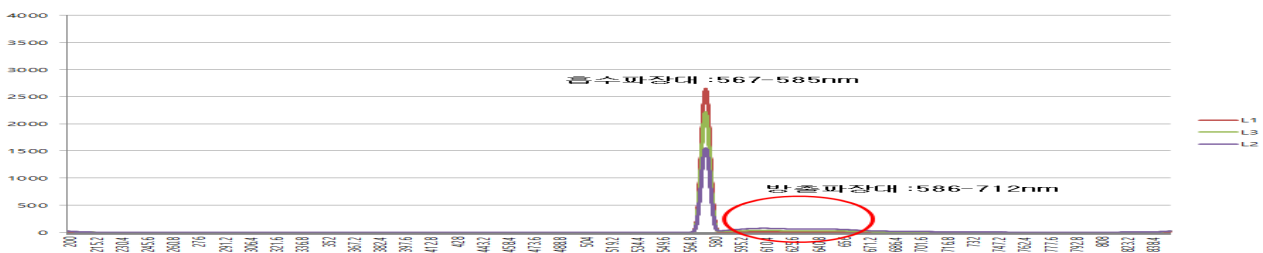
〈표24〉 Red Type 형광 소재 Quantum Yield DATA

Red Type 형광소재의 Ex. QY를 살펴보면 소재의 농도가 증가할수록 그 값이 증가하는 경향을 보여준다. 이는 소재의 농도가 증가되면 Quantum Yield가 높아져 전환되는 광자의 수가 많아짐을 확인할 수 있었다.

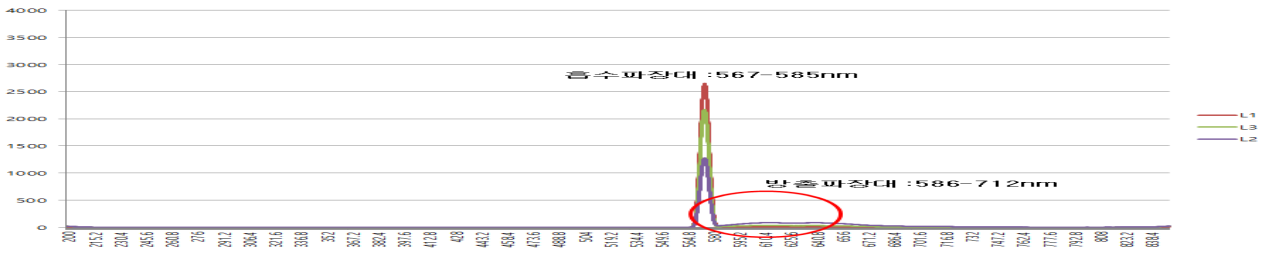
LUMI-RED (0.5%)



LUMI-RED (1.0%)



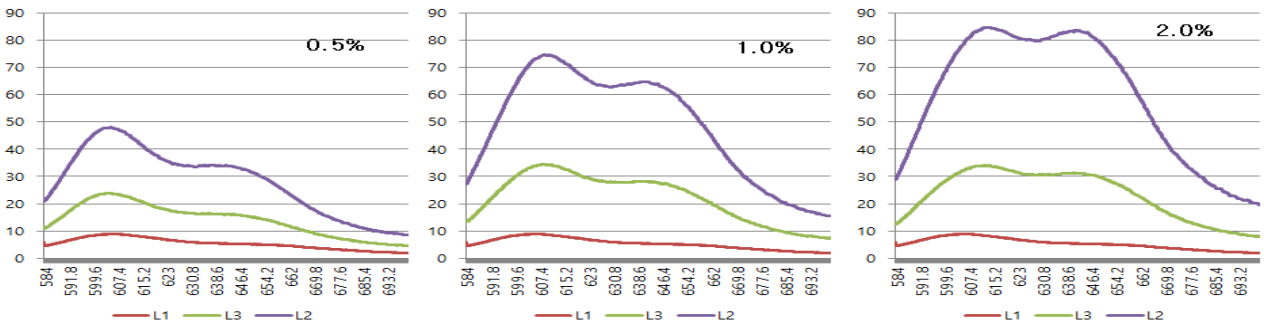
LUMI-RED (2.0%)



<그림97> Red Type 형광 소재 파장대별 광전자 수

Red 형광소재의 경우 흡수파장대의 영역이 BL계열보다 높은 파장 대에 위치함을 확인할 수 있었다. 이는 적색의 빛의 장파장이라 흡수되는 파장대 또한 장파장대 영역에 있다는 사실과 일치하였다.

방출파장대의 영역을 확대해보면

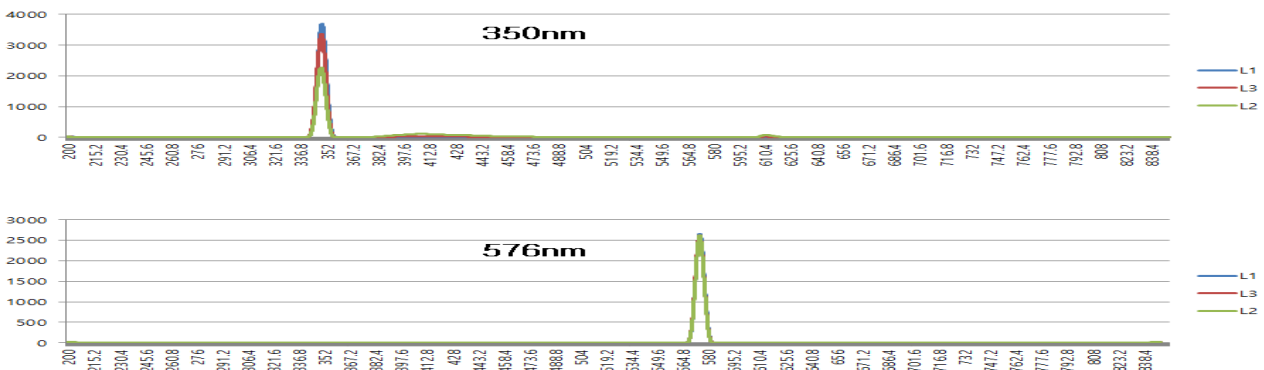


<그림98> Red Type 형광 소재 방출파장대 농도별 광전자 수

Red Type의 형광소재는 농도가 증가할 때 Peak의 최고점(L2)이 증가하였으며 반대로 샘플이 없는 Incident light(L1)의 수치는 일정하였다. 즉 농도가 증가할수록 소재의 Quantum Yield값이 커짐을 확인 가능했고 Red Type 형광소재의 경우에도 580nm 영역에서 농도에 따라 전환되는 양자수가 증가함을 확인할 수 있었다.

④ Blue Type & Red Type 광전환 소재 혼합

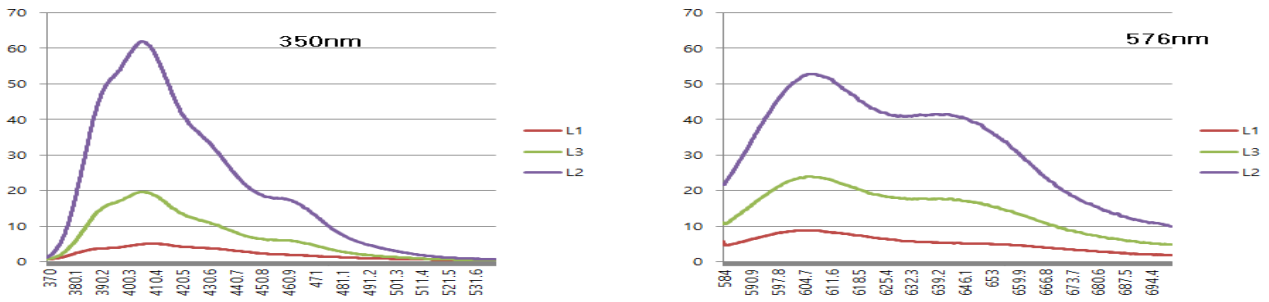
BL-BLUE 1.0% + RED 1.0%



<그림99> 광전환 혼합 소재 파장대별 광전자 수

광전환 소재의 Red와 Blue를 혼합한 샘플의 경우에는 흡수되는 파장대의 Peak은 보였으나

방출되는 파장대의 Peak을 확인하기 어려웠다.

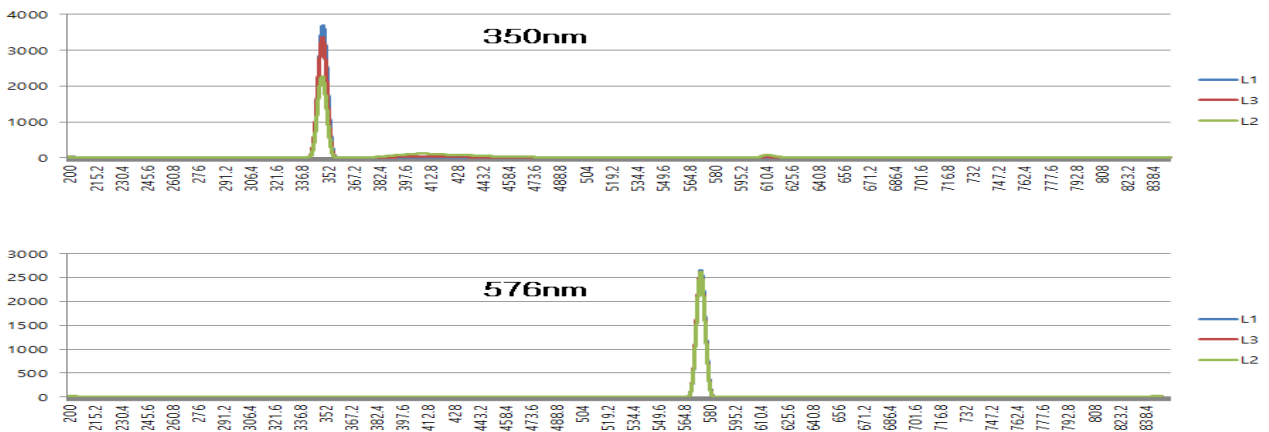


<그림100> 광전환 혼합 소재 방출파장대 광전자 수

방출되는 파장대의 그래프가 혼합하지 않았을 때의 소재의 그래프보다 낮음을 확인할 수 있었다. 이는 광전환 효율에서 Blue계열과 Red계열의 소재를 혼합하면 효율이 감소하고 있음을 확인할 수 있었다.

⑤ Blue Type 광전환 & Red Type 형광 소재 혼합

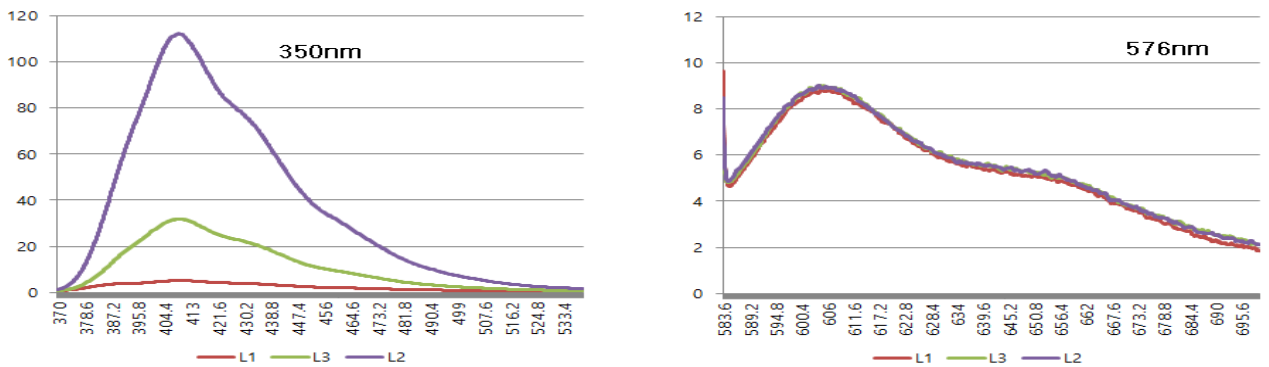
BL-BLUE 1.0% + RED 1.0%



<그림101> 광전환, 형광 혼합 소재 파장대별 광전자 수

광전환 소재와 형광소재의 혼합에서도 입사된 각 파장 영역에서 흡수된 파장대의 영역은 확인할 수 있지만 방출되는 파장대의 영역은 확인하기 어려웠다.

각 소재들이 방출했던 영역대의 파장을 확대해서 살펴보면



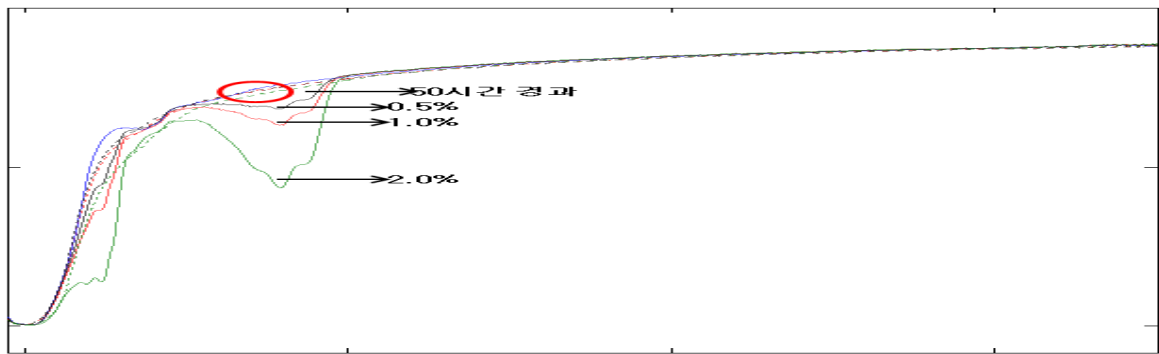
<그림102> 광전환, 형광 혼합 소재 방출파장대 광전자 수

Blue Type 광전환 & Red Type 형광 혼합소재는 380nm 이하의 자외선 영역에서 전환되는 수가 576nm 영역에서의 전환되는 수보다 많음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 혼합소재에서 형광소재의 효과는 Blue 계열의 광전환 소재보다 크지 않다는 점을 확인할 수 있었다.

(6) 소재별 내후성 평가 (3차년도)

본 실험에서는 각 소재별 샘플을 UV CON에 넣어 시간대별 UV-VIS Spectrometer 분석을 비교하여 각 소재가 가지고 있는 내후성을 평가하였다. 실험조건으로는 자외선량 0.77W/m², 내부 온도 70°C 조건에 샘플을 노출시켰으며, 50시간 후 원래 샘플이 가지고 있는 Spectrometer에서 흡수하는 파장대에 Peak가 어떻게 변화하는지 확인해 내후성을 평가하였다. 샘플은 소재의 종류와 농도에 따라 차이가 있으며 그 외에 두께, 원료는 모두 동일하며 샘플마다 50시간 경과 후 처음과 같은 위치에서 분석을 실시하였다.

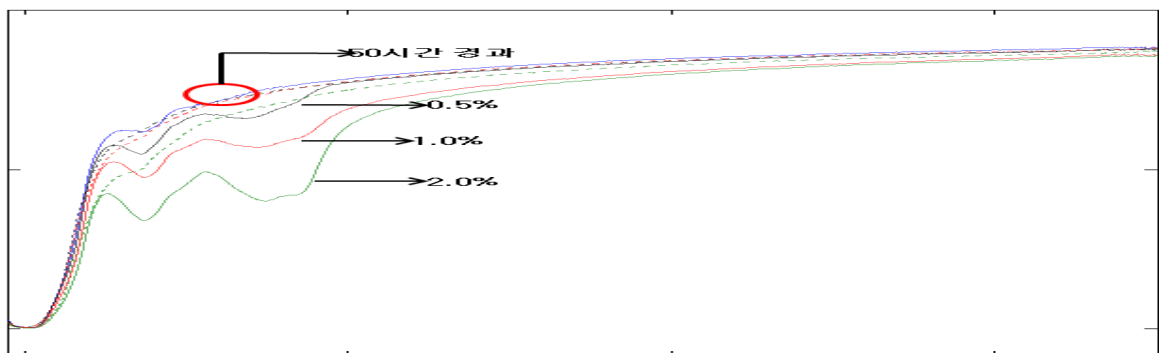
① Blue Type 광전환 소재(BL-BLUE)



<그림103> Blue Type 광전환 소재 함량별 UV-VIS Spectrometer 비교

그림에서 Blue Type 광전환 소재는 UV CON에 넣지 않았을 때(실선) 농도에 따라 자외선에 흡수율의 차이를 보였으나, 50시간 경과 후(점선)에는 EVA(Reference)와 같은 자외선 흡수율을 보여주었다. 이 결과로 Blue Type의 광전환 소재는 농도에 무관하게 낮은 내후성을 가지고 있음을 확인하였다.

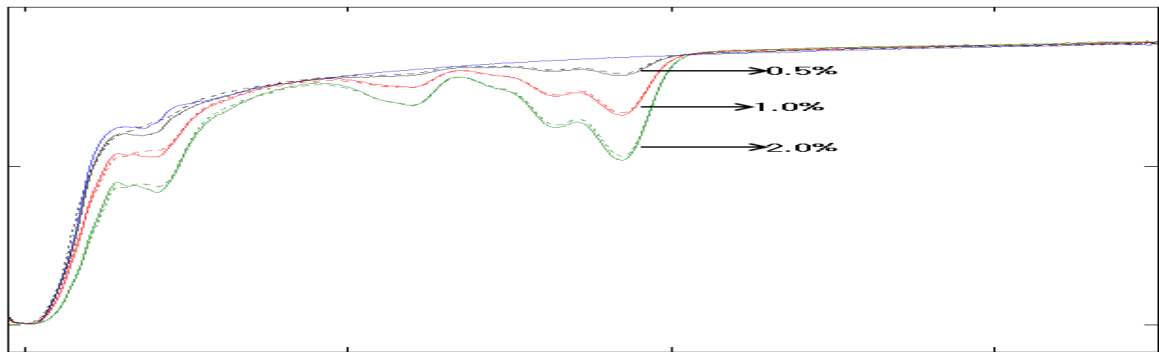
② Red Type 광전환 소재(BL-RED)



<그림104> Red Type 광전환 소재 함량별 UV-VIS Spectrometer 비교

그림에서 Red Type 광전환 소재는 UV CON에 넣지 않았을 때(실선) 농도에 따라 자외선에 흡수율의 차이를 보였으나, 50시간 경과 후(점선)에는 EVA(Reference)와 비슷한 자외선 흡수율을 보여주었다. 하지만 Peak의 변화가 Blue Type에 광전환 소재보다는 크지 않아 Red Type의 광전환 소재는 Blue보다는 내후성이 높다는 걸 확인할 수 있다. 하지만 위 두 가지 실험결과로 광전환 소재는 낮은 내후성을 가지고 있음을 확인하였다.

③ Red Type 형광 소재(LUMI-RED)



<그림105> Red Type 형광 소재 함량별 UV-VIS Spectrometer 비교

그림에서 Red Type 형광소재는 50시간 경과 후(점선)에도 원래상태와 같은 자외선 흡수율을 보여주었다. 이는 앞선 광전환 소재의 결과와는 달리 형광소재의 경우 내후성이 높다는 결과를 말하며, 현재 흡수율이 Reference와 비슷해지는 시간을 측정하기 위한 실험을 진행 중에 있다. 실험결과를 종합적으로 볼 때, 내후성면에서 광전환 소재들은 낮은 수치를 가지고 있으나 형광소재의 경우 높은 수치를 유지하고 있음을 확인하였다.

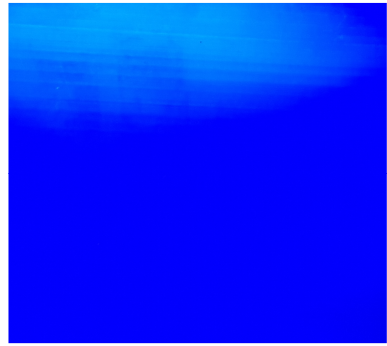

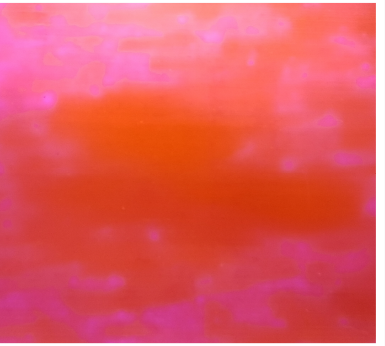
(7) 염료의 적색광 전환 기능을 유지하는 필름의 개발

2차 연도 과제에서 적색광 전환 기능을 가진 소재들의 Quantum Yield를 확인하고, 염료의 함량 별 광전환 효과를 UV-VIS Spectrometer로 측정하였다. 이를 통해 식물 생장에 유익한 파장대의 빛을 증폭시키는 필름을 압출하여 초기상태에서 효과를 확인하였다. 하지만 강한 에너지를 가진 자외선에 의해 염료의 내구성이 떨어지는 한계점이 존재하였다. 이번연구에서는 광전환 기능을 가지는 염료의 내구성을 향상시킬 수 있는 방법을 알아보고, 해당방법이 염료의 광전환 기능성에 영향을 미치는지 확인하였다.

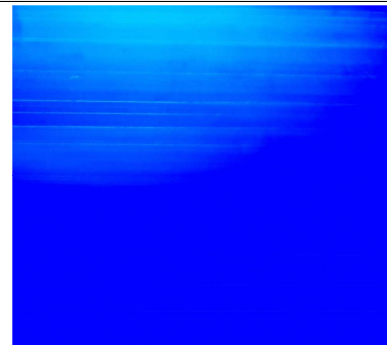
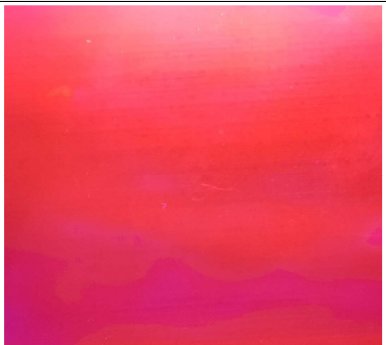
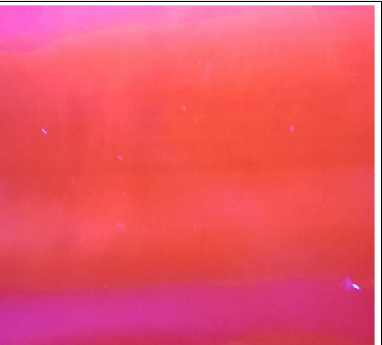
(가) UV 안정제 첨가에 따른 광전환 효과 비교

광전환 소재의 염료는 에너지가 큰 자외선을 비추게 되면 내구성이 떨어져, 염료의 기능성이 초기대비 저하가 오게 된다. 이를 방지하기위해 UV 안정제를 투여하여 염료의 기능성 유지와 동시에 내구성을 올릴 수 있는 연구를 진행하였다. 실험에 사용된 압출된 샘플은 Base Resin에 광전환 소재의 함량을 10% 로 동일하게 첨가하여 UV 안정제가 투여되지 않은 대조군을 생산하였다. 그 후, Base Resin의 함량을 낮춰 UV 안정제 16,000 ppm을 첨가해 UV 안정제와 염료의 관계를 분석하였다

1) 색 발현 평가

		
Blue Type 광전환 R: 0 / G: 1 / B: 254	Red Type 광전환 R: 246 / G: 51 / B: 66	Red Type 형광 R: 234 / G: 82 / B: 57

<그림106> UV 안정제 미첨가 UV Lamp 조사

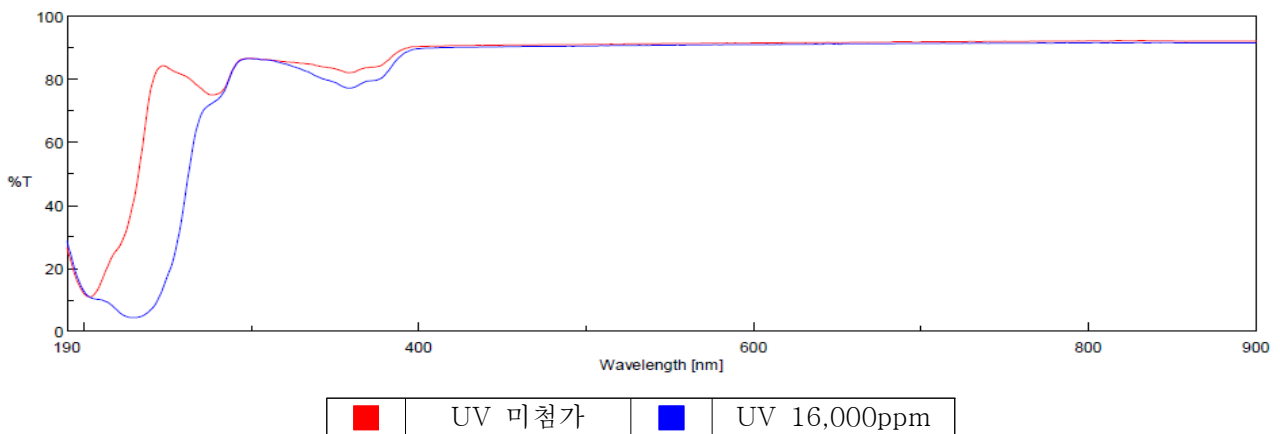
		
Blue Type+UV안정제 R: 1 / G: 2 / B: 253	Red Type+UV안정제 R: 249 / G: 61 / B: 68	형광+UV안정제 R: 243 / G: 80 / B: 66

<그림107> UV 안정제 첨가 UV Lamp 조사

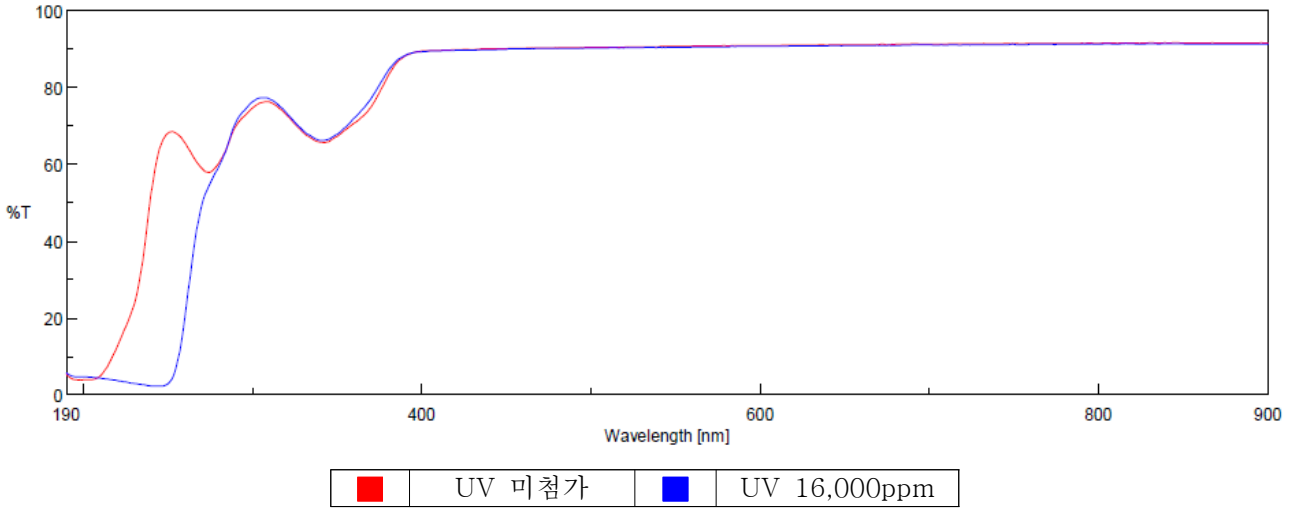
UV 안정제를 16,000 ppm 첨가한 샘플과 그렇지 않은 샘플들에서 UV Lamp를 조사하여도 반사되어 발현되는 빛의 RGB값의 차이가 크지 않았다. 이는 염료의 함량비가 일정하면 발현되는 색의 차이는 UV 안정제의 유무와 관련이 없다는 결론을 내릴 수 있다. 즉 UV 안정제의 첨가는 염료의 기능적인 면에 영향을 주지 않았다.

2) UV-VIS Spectrometer 평가

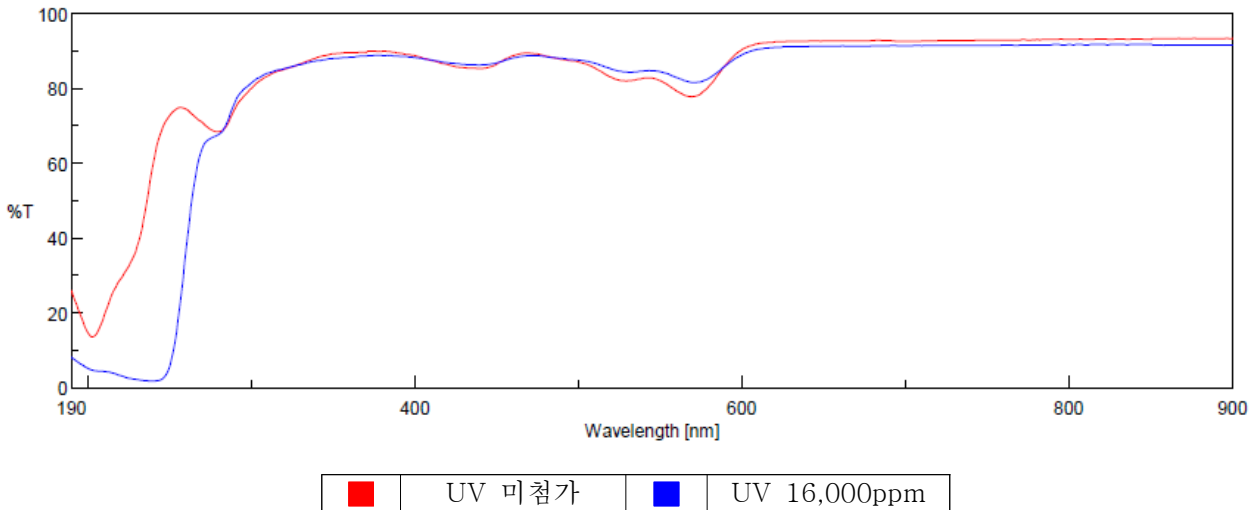
① Blue Type 광전환 소재



② Red Type 광전환 소재



③ Red Type 형광 소재



<그림108> UV-VIS Spectrometer 비교(JASCO, 190-900nm)

종합적으로 UV 안정제의 첨가는 광합성에 필요한 파장대의 투과도 차이를 발견할 수 없었으며, 오히려 190-300nm 파장의 자외선 투과도를 감소시키는 역할을 한다.

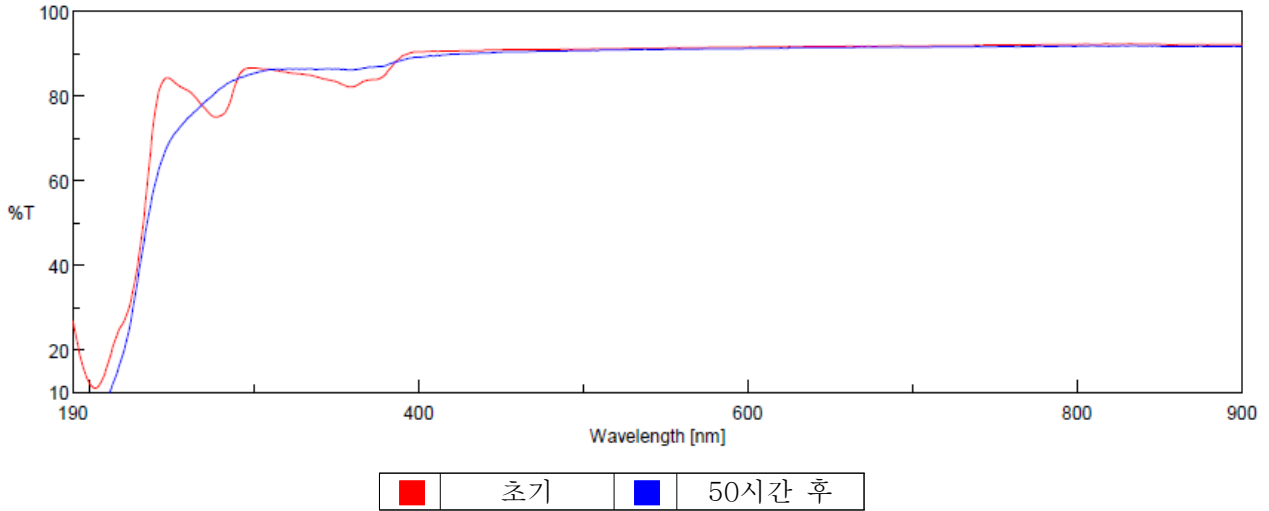
(나) UV 안정제 첨가에 따른 염료 내구성 평가

앞선 실험에서 UV 안정제의 첨가는 염료의 함량비가 일정하다면 광전환 필름의 기능성에 영향을 주지 않음이 확인되었다. 이번 연구에서는 UV 안정제의 첨가가 광전환 소재 염료 내구성에 미치는 영향을 확인하기 위해 각 소재별 샘플을 비교 평가하였다. 본 연구에서는 특정 파장의 투과율을 UV 조사 전과 후, 투과도 차이를 비교하여 염료의 내구성이 UV 안정제와 관계가 있는지 평가하였다. 각 샘플들은 UVB(313nm)파장에 빛을 0.55W/m²의 높은 광량으로 50시간 조사한 후, 초기대비 투과도를 UV-VIS Spectrometer로 비교하였다. 특정 파장대의 투과도 값의 차이(ΔT)를 통

해 그 값이 작을수록 염료의 내구성이 유지되었다고 판단하여, UV 안정제가 염료의 내구성에 미치는 효과를 확인하였다.

1) Blue Type 광전환 소재

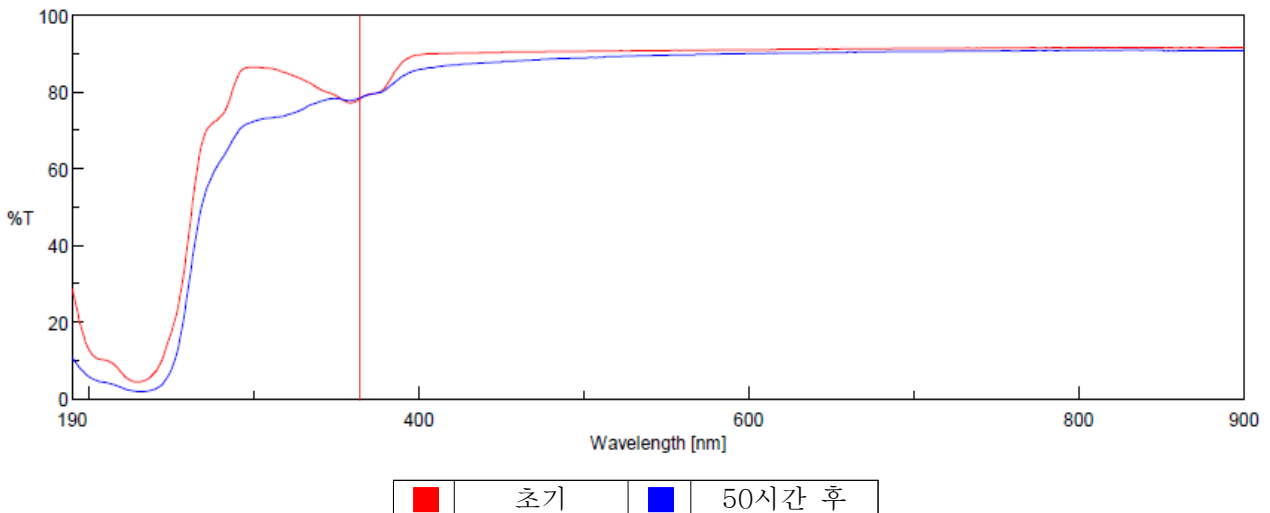
① UV 안정제 미 첨가 BLUE Type 광전환 소재



파장(nm)	초기	50시간 후	ΔT
360	82.1175%	86.0987%	3.9812

<그림109> UV 안정제 미 첨가 BLUE Type 광전환 소재 Spectrometer 비교(190-900nm)

② UV 안정제 첨가 BLUE Type 광전환 소재



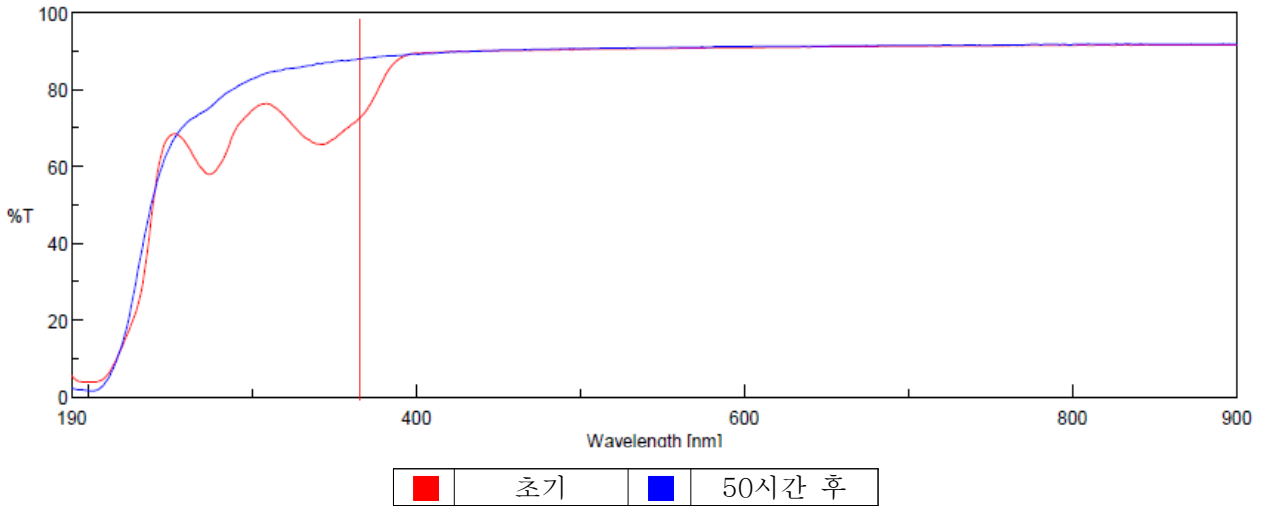
파장(nm)	초기	50시간 후	ΔT
360	77.2094%	77.8413%	0.6319

<그림110> UV 안정제 첨가 BLUE TYPE 광전환 소재 Spectrometer 비교(190-900nm)

BLUE Type 광전환 소재의 경우 UV 조사 50시간 후 투과도와 초기 투과도의 차이 값인 ΔT 의 값은 UV 안정제가 없을 경우 약 4의 차이를 보였으나 UV 안정제가 투여되면서 ΔT 의 값이 0.6319로 크게 감소하였다.

2) RED Type 광전환 소재

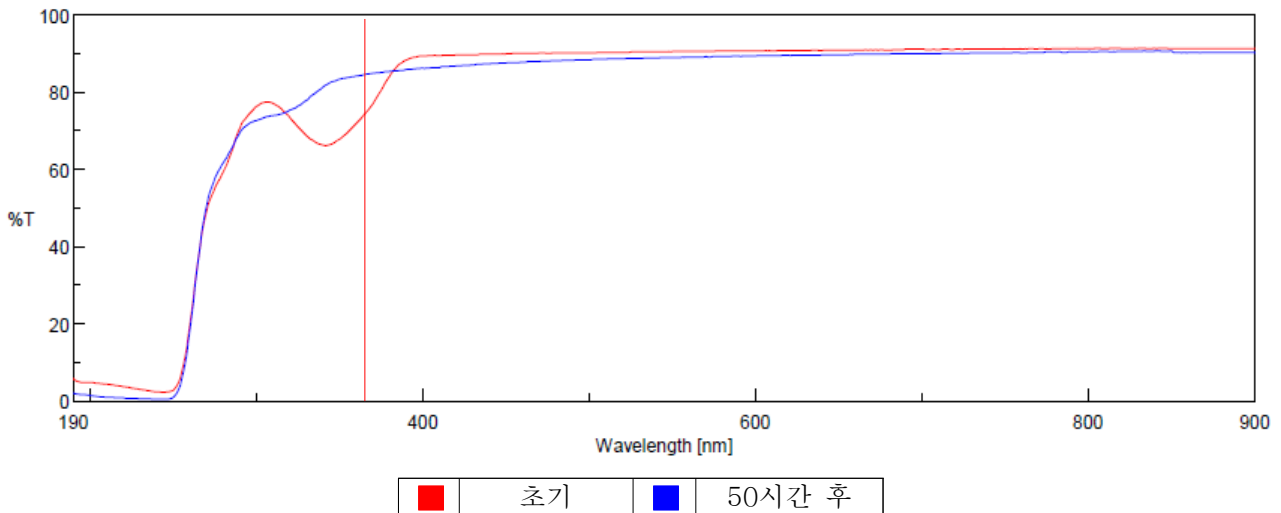
① UV 안정제 미 첨가 RED Type 광전환 소재



파장 (nm)	초기	50시간 후	ΔT
360	70.6470%	87.6285%	16.9815

<그림111> UV 안정제 미 첨가 RED Type 광전환 소재 Spectrometer 비교(190-900nm)

② UV 안정제 첨가 RED Type 광전환 소재



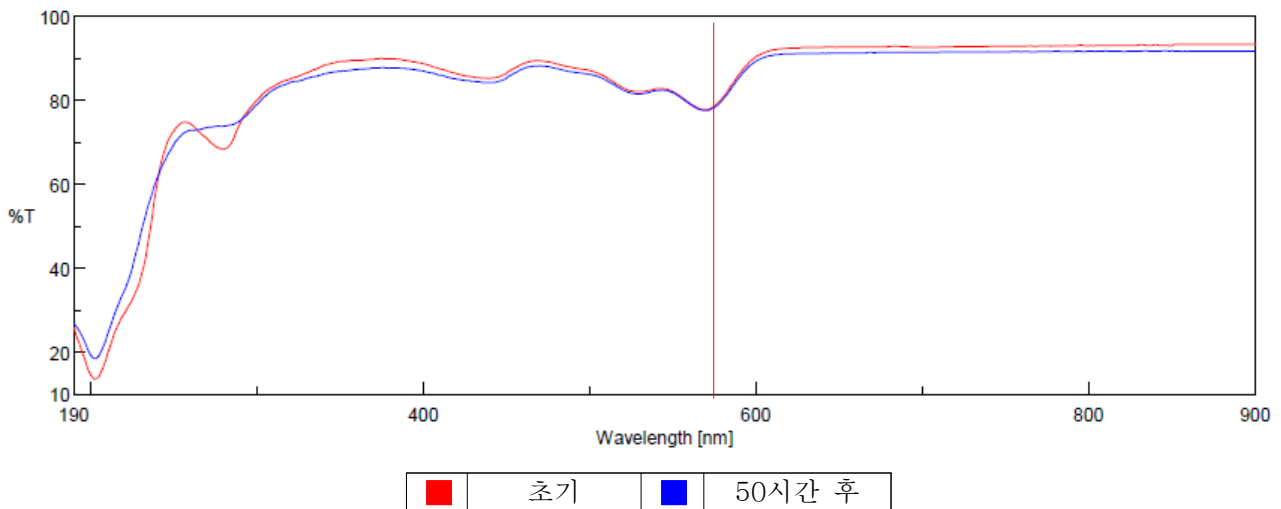
파장 (nm)	초기	50시간 후	ΔT
360	71.8974%	84.1256%	12.2282

<그림112> UV 안정제 첨가 RED Type 광전환 소재 Spectrometer 비교(190-900nm)

RED Type 광전환 소재의 경우 투과율 값이 첨가 전 16.9815에서 UV 안정제 첨가 후 12.2282로 낮아져 UV 안정제가 염료의 자외선 안정성에 도움을 주는 점을 확인하였다. 하지만 BLUE Type 광전환 소재와 달리 Spectrometer 그래프의 변화가 50시간 후 크다는 점이 확인되면서 염료 자체의 자외선 내구성이 약하다는 결론을 내렸다.

3) RED Type 형광 소재

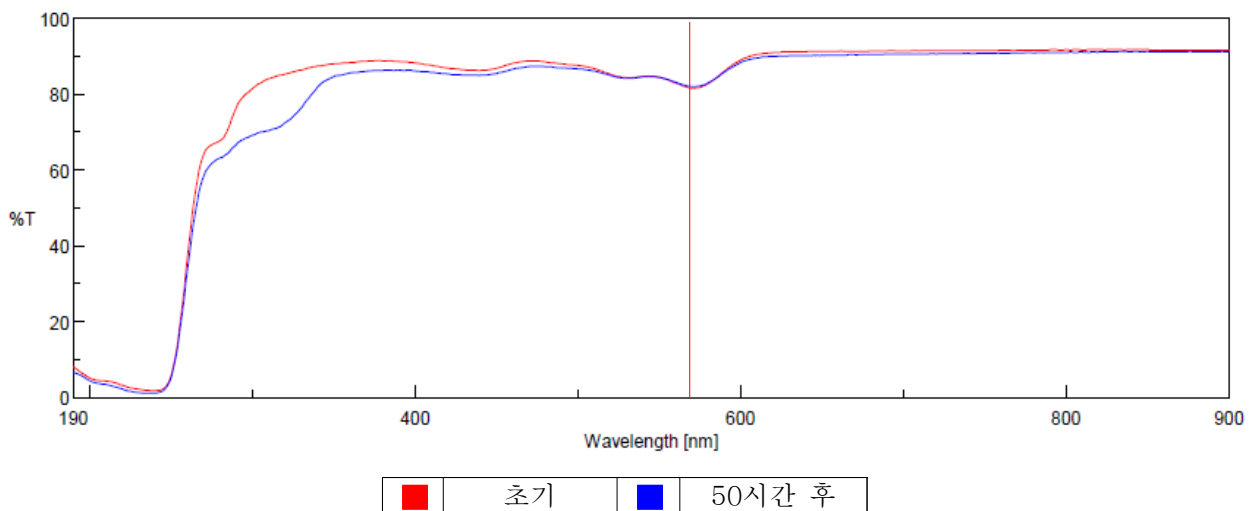
① UV 안정제 미 첨가 RED Type 형광 소재



파장(nm)	초기	50시간 후	ΔT
580	80.6390%	80.1468%	0.4922

<그림113> UV 안정제 미 첨가 RED Type 형광소재 Spectrometer 비교(190-900nm)

② UV 안정제 첨가 RED Type 형광 소재



파장(nm)	초기	50시간 후	ΔT
580	82.7146%	82.9388%	0.2242

<그림114> UV 안정제 첨가 RED Type 형광소재 Spectrometer 비교(190-900nm)

RED Type 형광소재의 경우 190-900nm전반에 투과도 그래프에서 UV 조사 후와 초기상태의 변화가 크지 않음이 그래프로 확인 가능하다. 그 결과 ΔT 값에서도 580nm파장의 투과도 차이는 0.5% 미만으로 초기 값 대비 변화가 크지 않았다.

1, 2 광전환 소재 실험에서 초기상태와 자외선 조사 후 투과도 차이는 UV 안정제가 첨가 된 샘플에서 편차(ΔT)값이 더 작았다. 즉 강한 에너지를 갖는 자외선에 의한 염료의 변형은 UV 안정제의 첨가로 진행속도를 늦출 수 있다는 점을 확인하였다. 실험 3에서는 형광소재의 경우 염료의 UV 안정성이 광전환 소재보다 높아 초기대비 투과도 변화폭이 크지 않음을 확인 할 수 있었다.

UV 안정제의 첨가는 자외선 내구성을 향상하는데 효과가 있었지만 0.55W/m²의 높은 광량으로 100시간 이상 빛을 조사한 후 염료의 광전환 기능이 떨어지는 한계점이 존재하였다. 염료의 농도를 일정하게 한 상태에서 첨가제로 내구성을 유지하는 것은 한계가 있음이 이번연도 과제를 통해 밝혀졌으며 추후, 염료의 농도 증가로 광전환 필름의 내구성을 향상시키는 방법에 초점을 맞추어야 실제 현장에서 필름이 사용되는 기간을 충족할 수 있다.

UV 안정제와 염료의 연관성을 알아보는 결과를 종합적으로 결론내리면

- ① UV 안정제는 염료함량이 일정할 때, 색의 발현이나 기능성 저하에 영향을 주지 않는다.
- ② UV 안정제는 염료가 자외선에 의해 변형되는 시간을 지연시키는 역할을 한다.
- ③ 자외선에 의한 염료의 안정성은 광전환 소재보다 형광소재가 더 높다.
- ④ 광전환 소재의 경우 RED Type염료 자체의 자외선 내구성이 약해 50시간 경과 후에 초기 기능을 유지하지 못하였다.

마. 내 스크러치성이 우수한 Hard Coating Type 장기성 코팅필름 개발 (위탁연구)

(1) 장기성 코팅액 연구 개발 내용 (1,2차년도)

접착력 향상을 위한 실험에서는 고분자 필름의 장기 친수성을 향상시키기 위한 방법으로 무기물인 콜로이드 실리카에 유기 관능기를 가지고 있는 아미노실란, 에폭시실란, 아크릴실란, 실란 에스테르류 같은 다양한 종류의 실란커플링제를 반응시켜 졸-겔법에 의해 유기-무기 혼성 코팅 용액을 제조하였고, 이때 실란커플링제 종류 변화에 따른 코팅 필름의 친수성에 미치는 영향을 확인하였다.

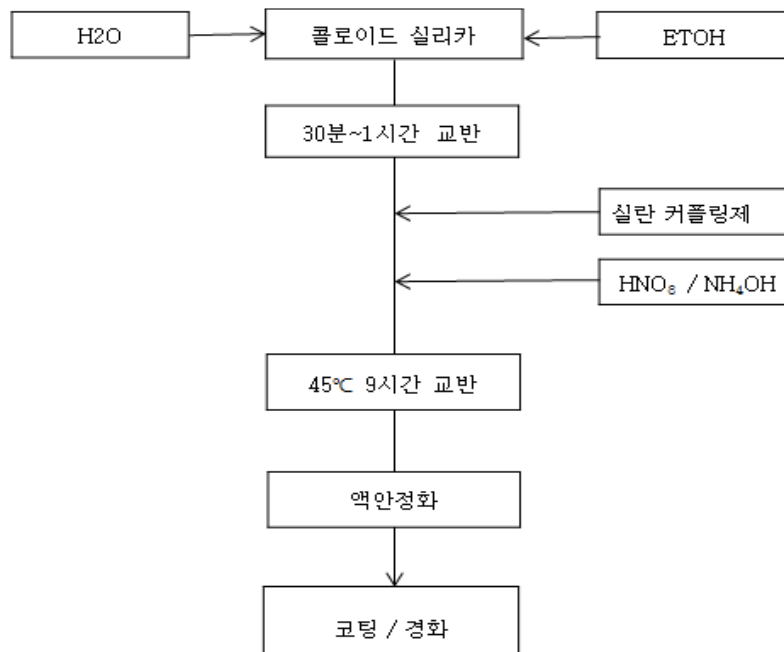
이번 코팅액 개발에서 코팅 용액은 입자 직경이 7nm~90nm 크기의 다양한 콜로이드 실리카

혼합액에 실란커플링제인 아미노실란, 에폭시실란과 아크릴실란, 실란에스테르를 각각 반응시켜 제조하였다.

그 결과, 콜로이드 실리카에 아미노실란을 첨가한 코팅 용액은 시간이 지나면서 겔화가 진행되어 코팅 용액을 제조할 수 없었으며. 반면에 에폭시실란을 첨가한 코팅 용액은 실란커플링제/콜로이드 실리카의 혼합액 중 실란의 함량이 2.0%~2.5% 에서 접촉각 11~13도의 우수한 친수성을 나타내었다. 또한, 아크릴실란을 첨가한 코팅 용액은 1.0%~1.5%에서 6~10도의 접촉각을 나타내어 아미노실란과 에폭시실란을 사용했을 때보다 우수한 친수성을 나타내었다. 실란에스테르를 첨가한 코팅 용액은 2.0~2.5%에서 접촉각 6~9도의 우수한 친수성을 나타내었다.

다만 아크릴실란 및 에폭시실란은 코팅후 안정화 과정을 그친 필름을 항온조에 설치하면 초기에는 우수한 친수성을 보이지만 차츰 내수성이 떨어지면서 코팅표면에 어른거림이 증가하며. 접촉각이 올라가는 현상을 보여서 친수성이 감소되는 걸 확인 하였다.

아래는 코팅액 제조를 위한 개략적인 공정도이다.



<그림115> 코팅액 제조 공정도

친수성 코팅액 및 코팅 필름을 위한 코팅제 제조는 친수성을 나타내기 위한 무기물 나노입자로서 상업용으로 제조된 악조노벨의 콜로이드 실리카를 사용하였다.

친수성 코팅제의 제조방법은 위에 도시된 바와 같이, 먼저, 콜로이드 실리카, 증류수(H2O) 및 에탄올(EtOH, 99.5%) 1.5:0.5:0.1 (150g: 50g: 10g) 중량비로 혼합하고, 그 혼합액을 1시간 동안 교반하였다.

그 후 질산(HNO3 90%) 또는 암모니아수(NH4OH, 28%)를 첨가하여 용액의pH를 원하는 값으로 조절한 후, 이 용액에 다양한 종류의 실란커플링제인 아미노실란 (3-aminopropyl triethoxysilane),에폭시실란(glycidoxypropyl trimethoxysilane), 아크릴실란(methacryloxypropyl

trimethoxysilane), 실란에스테르(methyltriethoxysilane MTES)을 일정량 첨가하고 45°C로 유지되는 반응조에서 9시간 동안 교반하였다. 실란커플링제의 첨가량은 그 용도에 따라 변경가능 할 것으로 판단된다.

탄소 이중결합이 있는 실란커플링제인 아크릴실란과 에폭시실란을 사용한 용액은 가교제인 에틸렌다이아민(EDA)을 첨가하여 친수성 코팅제로서 최종의 코팅 용액을 제조하였으며 제조된 코팅 용액을 사용해 40cm×50cm 크기의 LDPE 필름 위에 일정한 두께로 바코팅(bar-coating, No.10)을 시키고 1분간 열풍건조(80°C)를 진행하여 경화시켜 코팅필름을 제조하였다. 이후 2일 정도의 안정화 기간을 거친 후 물성실험을 진행하였다.

1) 코팅필름 제조 후 각각 아래의 실험을 진행 하였다.

가) 코팅 필름의 접착각을 평가하였다.

친수화된 필름의 물성을 평가하는 중요한 요소 중의 하나가 접착각 평가이다. 보통 친수성이 발현되었다고 하면, 접착각이 20도 이하로 측정될 때를 말한다. 코팅층의 친수성 정도를 알기 위하여 접착각 각도계 (Phoenix150, Surface Electro Optics)를 이용하여 접착각을 측정하였다. 10회 이상의 값을 읽어 최대값과 최소값을 제외하고 평균치를 취하였다.

나) 코팅 필름의 투과율을 평가하였다.

가시광선 영역에서의 코팅층의 투과율을 측정하기 위하여 HAZE meter(NDH 2000)를 사용하여 코팅층의 투과율을 측정하였다.

다) 코팅 필름의 연필경도를 평가하였다.

연필경도는 경도 측정기(KP-M5000)에 연필경도 측정용 연필을 45도 각도로 끼우고, 일정한 하중(1kg)을 가하면서 이것을 밀어 측정하였다. 연필은 Mitsubishi 연필을 사용하였는데, H~9H, F, HB,등의 강도를 나타내는 연필을 사용하였다.

라) 코팅 필름의 부착력을 평가하였다.

경화된 코팅층에 커터(YTC-230 cutter)로 바둑판 모양의 홈을 낸 후 그 위에 3M 테이프를 잘 밀착시켜 일정한 힘으로 수회 떼어내어 코팅층과 기재와의 밀착 정도를 관찰하였다. 코팅된 지지체 표면에 2mm 간격으로 11×11로 십자형으로 칼집을 내어 100개의 정방형을 만들고, 그 위에 테이프(3M Tape)를 부착한 후 급격히 잡아당겨 표면을 평가하였다. 남은 눈 수의 개수가 100개면 5A, 95개 이상은 4A, 85개 이상은 3A, 70개 이상은 2A, 50개 이상은 1A,로 나타내었다.

마) 코팅 필름의 내수성을 평가하였다.

코팅 필름의 내수성을 확인하기 위하여 시편을 40°C로 유지된 항온조에 7일 동안 습을 당게 한 후 내 건조시켜 접착각각도계(Phoenix150, Surface Electro Optics)를 이용하여 접착각을 측정하였다. 10회 이상의 값을 읽어 내어 최대값과 최소값을 제외하고 평균치를 구하고, 초기 접착각과 비교하여 코팅필름의 내수성을 평가하였다.

3) 실험에 따른 물성

가) 에폭시실란의 첨가량 변화에 따른 코팅 필름의 물성을 나타내었다.

실란 투입량 (%)	접촉각	내수성	투광율
1.5	17.5	28.5	17
2.0	11.5	21.5	17
2.5	12.9	26.3	16
3.0	18.1	31.6	19
3.5	29.3	35.3	18

<표25> 에폭시 실란 투입 물성

에폭시실란 첨가량이 증가함에 따라 코팅 필름의 접촉각이 증가하여 친수성이 떨어지는 현상을 보인다. 즉, 실란의 첨가량이 증가 할수록 콜로이드 실리카 표면에 실란이 많이 흡착되어 친수성을 나타내는 콜로이드 실리카 표면의 실라놀기의 개수가 적어지면서 코팅 필름의 접촉각이 증가하는 것으로 판단된다. 2.0%~2.5% 투입 조건에서는 11~13도의 접촉각을 보여 초기 우수한 친수성을 나타내었다.

코팅필름을 40℃ 항온조에 7일간 설치 후 건조하여 내수성을 확인 한 결과 대체적으로 접촉각 10이상의 상승으로 내수성은 떨어지는 것으로 나타났다.

투광율은 투입량에 따라 크게 차이점이 없는 것으로 나타났다.

실란 투입량 (%)	코팅액 안정성	연필경도	부착력
1.5	우유빛투명/침전없다	H	2A
2.0	“	H	3A
2.5	“	H	3A
3.0	“	2H	3A
3.5	우유빛투명/ 소량침전	3H	5A

<표26> 에폭시 실란 코팅액 안정성

실란의 첨가량이 적은 경우에는 코팅 막은 좋지 못한 연필경도와 부착력을 나타내었으나 투입량이 증가될수록 연필경도와 부착력이 증가하여 3.5%에서는 3H와 4A로 향상되는 것을 확인하였다. 이러한 현상은 실란커플링제의 역할을 설명해 주는 것으로 용액 내에 실란이 첨가되면 콜로이드 실리카와 기재인 LDPE 필름과의 화학적 결합을 견고히 해줘 건조 및 경화 과정에서의 필름 표면의 균열현상을 방지하게 되고, 코팅 막의 연필경도와 부착력을 향상시키게 된다. 따라서 첨가량이 늘어날수록 화학적 결합이 견고하게 되어 실란이 적게 첨가될 경우보다 연필경도와 부착력이 향상된다고 판단된다.

나) 아크릴 실란의 첨가량 변화에 따른 코팅 필름의 물성을 나타내었다.

실란 투입량 (%)	접촉각	내수성	투광율
0.5	12.6	21.0	16
1.0	5.9	15.5	15
1.5	10.4	19.8	16
2.0	12.5	24.4	17
2.5	20.3	26.9	25

<표27> 아크릴 실란 투입 물성

아크릴실란의 투입량을 늘렸을 때는 에폭시실란을 첨가하였을 때와 비슷한 현상을 보였다. 위 표에 의하면 코팅 필름의 접착각은 적정 실란이 투입된 경우에는 5~10도의 접착각을 보여줘 초친수성을 나타낼 수 있다. 그러나 그이외의 투입량에서는 접착각이 나빠지고, 2.5% 이상으로 과량 첨가된 경우에는 필름의 접착각이 20도 이상으로 친수성이 좋지 못함을 보였다.

코팅 필름의 물에 대한 내수성에서는, 코팅 필름을 40℃의 항온조에 7일 설치한 후 건조시켜 코팅 필름의 접착각을 측정하였을 때 모두 접착각이 올라가있는 것을 볼 수 있어서 내수성이 떨어지는 걸 확인할 수 있었다.

코팅 필름의 가시광선 영역에서의 투광을 변화를 보면 필름의 투명성은 코팅 후에도 감소되지 않고 기재와 비슷한 투과율을 나타내었다. 투입량이 2.5% 이상으로 증가할수록 코팅 표면의 백화현상으로 인해 기재 보다 낮은 투과율을 보여주고 있다.

실란 투입량 (%)	코팅액 안정성	연필경도	부착력
0.5	우유빛투명/침전없다	H	2A
1.0	“	H	3A
1.5	“	2H	3A
2.0	“	2H	3A
2.5	우유빛투명/ 침전발생	3H	4A

<표28> 아크릴 실란 코팅액 안정성

투입량이 적은 경우에는 코팅 막은 좋지 못한 연필경도와 부착력을 나타내었다. 그러나 투입량이 증가할수록 연필경도와 부착력이 증가해 2.5인 경우에는 3H의 연필경도와 4A의 우수한 부착력을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

전반적으로 실란커플링제의 투입량이 증가할수록 접착각이 증가하여 친수성이 저하되며, 투입량이 적은 조건에서는 아크릴 실란을 투입한 코팅필름이 에폭시실란을 투입한 필름보다 더 낮은 접착각을 보여 친수성이 우수함을 알 수 있다. 코팅 직후에서는 아크릴실란이 적게 투입된 조건에는 10도 이하의 친수성을 나타내었으나 에폭시 실란의 경우에는 모든 조건에서 10도 이상의 접착각을 보임을 확인할 수 있다. 내수성 실험에서도 전반적으로 10~20도의 접착각의 증가를 보여 내수성의 보완이 필요하다.

다) 실란 에스테르의 첨가량 변화에 따른 코팅 필름의 물성을 나타내었다.

실란 투입량 (%)	접착각	내수성	투광율
1.5	12.8	15.7	15
2.0	5.7	7.4	14
2.5	9.0	11.2	15
3.0	12.5	15.5	16
4.0	22.1	28.9	17

<표29> 실란 에스테르 투입 물성

실란 에스테르류를 투입한 코팅필름의 접착각은 2.0%~2.5%에서 10도 이하의 우수한 접착각을 보이고 있고 투입량이 늘어날수록 접착각이 커지는걸 확인할 수 있었다. 특히 내수성 단계에서도 7~11도 정도의 접착각을 보여 안정적인 친수성을 유지하는 것으로 판단된다.

투광율은 타 첨가 필름과 마찬가지로 원단에 비해 크게 증가하지는 않는 것으로 원단 수준 또는 원단 투광율을 개선시키는 정도의 코팅성을 보인다.

실란 투입량 (%)	코팅액 안정성	연필경도	부착력
1.5	우유빛투명/침전없다	H	2A
2.0	“	H	3A
2.5	“	2H	3A
3.0	“	2H	3A
4.0	우유빛투명/ 침전없다	3H	4A

<표30> 실란 에스테르 코팅액 안정성

실란 투입량이 적은 경우는 동일하게 연필경도와 부착력이 떨어지는걸 확인할 수 있었다. 투입량을 늘리면 연필경도와 부착력은 좋아지지만 친수성인 필름의 접촉각이 증가하는 경향성을 보여서 코팅필름의 친수성 대비 물성의 개선이 필요해 보인다. 향후 실험은 2.0%~2.5%의 첨가량을 기준으로 진행할 예정이다.

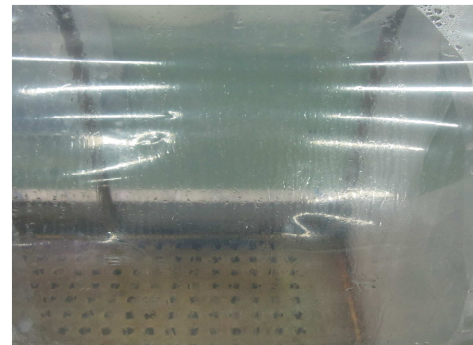
4) 필름의 유적상태 확인.

항온조 설치 초기와 항온조(40℃)에서 7일간 유적상태 유지 후 건조하고 다시 설치하여 필름의 유적상태를 관찰 하였다.

가) 에폭시 실란 투입 필름 (WH1815) : 투입량 2.0%



설치당일



7일 설치 / 건조 후

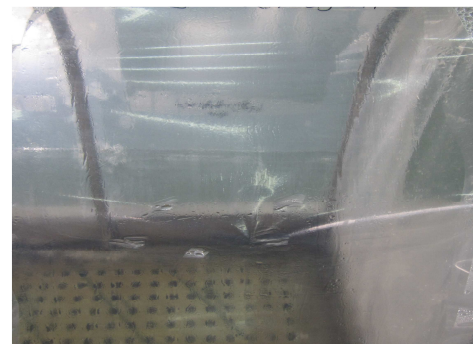
<그림116> 에폭시 실란 투입 필름

초기 유적상태는 양호한 상태를 보이지만 내수성 테스트 후 다시 설치했을 때는 초기보다 좋지 못한 유적상태를 나타내어 표면강도는 향상되지만 유적(친수성)은 나빠지는 경향을 보인다.

나) 아크릴실란 투입필름 (WH1826-1) : 투입량 1.0%



설치 당일

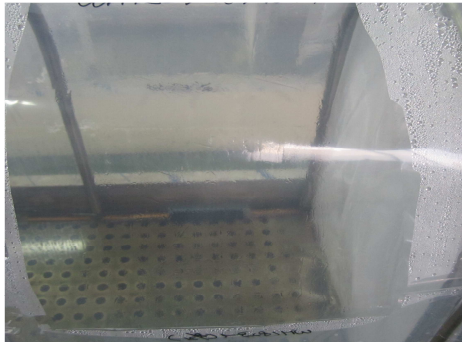


7일 설치 / 건조 후

<그림117> 아크릴실란 투입 필름

초기 항온조 설치했을 때 보다 심하진 않지만 약간 어른거림이 늘어나면서 초기와 같은 친수성을 보이지는 않는다. 대체로 양호한 친수성을 보이는 코팅상태지만 코팅강도는 좋지 못한 값을 나타내고 있다.

다) 실란에스테르 투입필름 (WH1829-1) : 투입량 2.0%



설치 당일



7일 설치 / 건조 후

<그림118> 실란에스테르 투입 필름

실험 조성 중에 내수성이 가장 좋은 필름으로 초기와 비슷한 유적상태를 보이고 있어 내수성이 우수함을 확인하였다. 다만 접착강도나 경도면에서 다소 물성이 떨어지는 상태를 보여서 개선이 필요해 보인다.

(2) 코팅액 및 개질원단제조 (3차년도)

친수성 코팅제를 만들기 위하여 먼저 콜로이드 실리카, 증류수(H₂O) 및 에탄올(EtOH, 99.5%) 1.5:0.5:0.1 (150g: 50g: 10g) 중량비로 혼합하고, 그 후 산 또는 염기를 첨가하여 용액의 pH를 조절하는 단계를 거치고, 이 용액에 다양한 종류의 실란커플링제인 아미노실란(3-aminopropyl triethoxysilane APTES), 에폭시실란(glycidoxypopyl trimethoxysilane GOPTMS), 아크릴실란(methacryloxypropyl trimethoxysilane MPTMS), 실란에스테르(methyltriethoxysilane MTES)을 일정량 첨가하고 반응조에서 9시간 동안 교반하였다. 이후 분산제 투입으로 액을 안정화 시킨 후 표면개질된 원단에 코팅 및 경화를 하여 얻고자 하는 내스크르치성 개선된 코팅필름을 얻었으며, 실란커플링제의 첨가량은 전체 중량의 5%를 넘지 않게 조절하며 내스크르치성을 개선한 코팅액을 제조하였다.

표면개질을 위한 필름을 만들기 위하여 아래와 같은 조성으로 마스트베치(M/B) T-1~T-7를 만들어 필름 코팅층에 10%를 투입하여 압출 성형 하였다.

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7
POSS[MS0830]	1	1	1				
POSS[MS0825]				1	1	1	1
산화안정제	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
EAA3990(듀폰)	98.8			98.8	97		
EMAA1108C(듀폰)		98.8	97			98.8	97
SPAN40			1.8		1.8		1.8

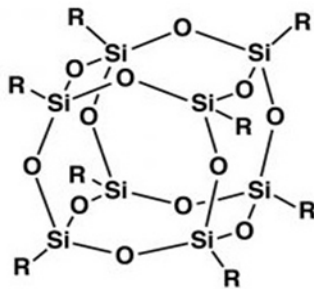
M/B의 캐리어 수지는 듀폰사의 EAA3990과 EMAA1108C를 사용하였다.

듀폰사의 EAA3990, EMAA1108C는 소수성 필름 제품이 존재할 때 필름 표면에 안전하고 지속 가능한 접착력을 향상시키며 인쇄 및 금속화 필름에 대한 프라이머 / 무용제 접착 성을 향상시킬 수 있는 성능을 가지는 수지다.

POSS소재는 MS0825, MS0830을 사용하였다.

MS0825는 케이지 모서리에 부착 된 코어 및 유기 이소 부틸 그룹에 무기 silsesquioxane을 갖는 하이브리드 분자며, 플라스틱 가공중 흐름을 개선하기 위해 가공 보조제로 사용 되기도 한다. 또한 인쇄성을 향상시키고 열가소성 수지의 표면 에너지를 수정하는 데에도 사용된다.

MS0830은 플라스틱 가공 보조제로서 소수성, 인쇄성 및 가공성을 향상시키는데 사용되고 있다.



MS0825 - OctaIsobutyl POSS (R= i-butyl)

MS0830 - OctaMethyl POSS (R=methyl)

POSS의 구조

표면 개질된 필름에 사용될 마스트배치(M/B)의 제조는 아래의 조성으로 니더기에 투입후 120℃에서 20분간 반죽후 압출기에서 펠렛 형태로 가공하였다.

농업용 필름 마스터배치를 제조하는 방법으로는, 아래와 같은 공정으로 이루어진다.

제1 공정 : 가공 온도 130~140℃에서 원료 수지를 제1 실린더에 투입하는 공정

제2 공정 : 투입된 원료 수지를 110~120℃로 유지된 제2 실린더에서 혼련, 반응용시키는 공정

제3 공정 : 본 발명의 T-1~T-7의 개질 원료를3 실린더에 사이드 투입하고, 반응용 상태에서 원료 수지와 혼련시키는 공정

제4 공정 : 상기 혼련된 수지를 80~90℃에서 압출 가공하고 스트랜드 형성 후 컷팅하는 공정을 통하여 최종 U1~U7의 마스트배치(M/B)를 완성 할 수 있다.

하기와 같은 조성비로 기준 원단(기재 필름) U-0을 기본으로 표면개질 필름용 U6~U7의 마스터배치를 제조한 다음, 통상적인 필름 성형방법에 따라 120µm 두께로 압출하여 최종 표면개질된 필름을 제조하였다.

U-0	2010MA	80%
	BF315	20%

U-1~U-7	2010MA	80%
	BF315	10%
	T1~T7	10%

그 결과, 기존의 필름으로 사용되는 코팅층이 2010MA(LLDPE)와 BF315(EVA)의 혼합으로 이루어

어진 필름(U-0)에서 에폭시실란을 첨가한 코팅 용액은 실란커플링제/콜로이드 실리카의 혼합액중(S1~S5) 실란의 함량이 2.0%~2.5% 에서 접촉각이 21~23도 정도로 양호한 친수성을 나타내었다. 또한 아크릴실란을 첨가한 코팅 용액(S6~S10)은 1.5%~2.0%에서 20~26도의 접촉각을 나타내어 에폭시실란과 비슷한 친수성을 나타내었다. 실란에스테르를 첨가한 코팅 용액(S11~S15)은 2.0~2.5%에서 접촉각 16~19도의 우수한 친수성을 나타내었다. 다만 콜로이드 실리카에 아미노실란을 첨가한 코팅 용액은 시간이 지나면서 겔화가 진행되어 코팅 용액안정성에 문제가 있었다.

또한 실란 에스테르 및 에폭시실란, 아크릴실란을 혼합하여 사용한 코팅액(S16~S20)에서도 2.5%~3.0% 사이에서 우수한 친수성을 나타내었으며 12~17도의 접촉각을 보였다.

다만 아크릴실란 및 에폭시실란은 코팅후 안정화 과정을 거치고 필름을 항온조에 설치하면 초기에는 우수한 친수성을 보이지만 차츰 내수성이 떨어지면서 코팅표면에 어른거림이 증가하며, 접촉각이 올라가는 현상을 보여서 친수성이 감소되는 걸 확인 하였다.

(가) 코팅필름 제조 후 물성실험내용.

1) 실험 방법

① 코팅 필름의 접촉각을 평가.

친수화된 필름의 물성을 평가하는 중요한 요소 중의 하나가 접촉각 평가이다. 보통 친수성이 발현되었다고 하면, 접촉각이 20도 이하로 측정될 때를 말한다. 코팅층의 친수성 정도를 알기 위하여 접촉각 각도계 (Phoenix150, Surface Electro Optics)를 이용하여 접촉각을 측정하였다. 10회 이상의 값을 읽어 최대값과 최소값을 제외하고 평균치를 취하였다.

② 코팅 필름의 투과율을 평가.

가시광선 영역에서의 코팅층의 투과율을 측정하기 위하여 HAZE meter(NDH 2000)를 사용하여 코팅층의 투과율을 측정하였다.

③ 코팅 필름의 내스크르치성 평가.

내스크르치성은 Rubbing Tester (COAD 108)을 사용하여 가로세로 1cm의 측정용 금속봉에 킴스 종이와이퍼를 감싸고 일정한 하중 (1kg)을 가하면서 10cm 거리를 10회 왕복하여 측정하였다. 스크르치성도는 육안 및 항온조에서 물방울 걸림으로 확인하여 %로 나타내었다.

완전박리 100%, 상처없음 0%

④ 코팅 필름의 부착력을 평가.

경화된 코팅층에 커터(YTC-230 cutter)로 바둑판 모양의 홈을 낸 후 그 위에 3M 테이프를 잘 밀착시켜 일정한 힘으로 수회 떼어내어 코팅층과 기재와의 밀착 정도를 관찰하였다. 코팅된 지지체 표면에 2mm 간격으로 11×11로 십자형으로 칼집을 내어 100개의 정방형을 만들고, 그 위에 테이프(3M Tape)를 부착한 후 급격히 잡아당겨 표면을 평가하였다. 남은 눈 수의 개수가 100개면 5A, 95개 이상은 4A, 85개 이상은 3A, 70개 이상은 2A, 50개 이상은 1A,로 나타내었다.

⑤ 코팅 필름의 내수성을 평가.

코팅 필름의 내수성을 확인하기 위하여 시편을 40℃로 유지된 항온조에 7일 동안 습을 당

계 한 후 꺼내 건조시켜 접촉각각도계(Phoenix150, Surface Electro Optics)를 이용하여 접촉각을 측정하였다. 10회 이상의 값을 읽어 내어 최대값과 최소값을 제외하고 평균치를 구하고, 초기 접촉각과 비교하여 코팅필름의 내수성을 평가하였다.

(2) 실험 결과

① 에폭시실란 사용한 코팅필름

실란투입량 (%)	코팅액 안정성	초기접촉각	내수성	내스크르치 (%)	부착력	투광율
(S1) 1.5	우유빛투명/침전없다	27.5	48.5	80	2A	17
(S2) 2.0	“	21.5	41.5	35	3A	17
(S3) 2.5	“	22.9	46.3	20	3A	16
(S4) 3.0	“	28.1	51.6	20	3A	19
(S5) 3.5	우유빛투명/ 소량침전	39.3	55.3	5	5A	18

② 아크릴실란 사용한 코팅필름

실란투입량 (%)	코팅액 안정성	초기접촉각	내수성	내스크르치 (%)	부착력	투광율
(S6) 1.0	우유빛투명/침전없다	29.6	41.0	50	2A	16
(S7) 1.5	“	25.9	38.5	35	3A	15
(S8) 2.0	“	20.4	35.8	20	3A	16
(S9) 3.0	“	32.5	45.4	20	3A	17
(S10) 4.0	우유빛투명/ 침전발생	40.3	54.9	5	4A	25

③ 실란에스테르 사용한 코팅필름

실란투입량 (%)	코팅액 안정성	초기접촉각	내수성	내스크르치 (%)	부착력	투광율
(S11) 1.5	우유빛투명/침전없다	28.8	35.7	65	2A	15
(S12) 2.0	“	15.7	29.4	35	3A	14
(S13) 2.5	“	19.0	35.2	35	3A	15
(S14) 3.0	“	25.5	39.5	20	3A	16
(S15) 4.0	우유빛투명/ 침전없다	36.1	48.9	20	4A	17

④ 혼합된 실리카 사용한 코팅필름

실란투입량 (%)	코팅액 안정성	초기접촉각	내수성	내스크르치 (%)	부착력	투광율
(S16) 1.5	우유빛투명/침전없다	19.8	28.7	65	2A	15
(S17) 2.0	“	16.7	22.4	35	3A	14
(S18) 2.5	“	12.3	16.3	20	4A	13
(S19) 3.0	“	19.5	29.5	20	4A	14
(S20) 4.0	우유빛투명/ 침전없다	26.1	36.9	5	4A	17

혼합된 실란 투입량을 GPTMS ; MTES : MPTMS= 5:10:5로 하였을 때 코팅필름의 접촉각은 2.0%~ 2.5%에서 12~17도 이하의 우수한 접촉각을 보이고 있고 투입량이 늘어날수록 접촉각

이 커지는걸 확인 할 수 있었다.

특히, 내수성 단계에서도 16~22도 정도의 접촉각을 보여 가장 안정적인 친수성을 보여주고 있다. 러빙테스트 와 투광율 또한 만족할 만한 수준으로 보여져 표면개질 원단에 사용할 코팅액으로 S17, S18을 선정하여 코팅층이 개질된 원단에 코팅 후 물성을 측정하였다.

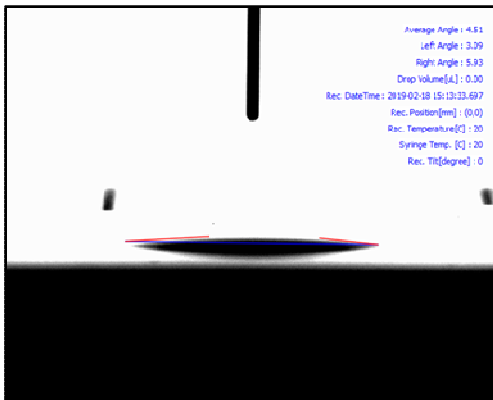
⑤ 표면개질된 필름에 S17 사용한 코팅필름의 물성

제조번호	표면개질 원단	코팅성	초기 접촉각	내수성	내스크르치 (%)	부착력	투광율 (코팅전)	투광율 (코팅후)
W0	U-0	핀홀없다	16.7	22.4	35	5A	11.35	10.51
W1	U-1	“	12.3	17.5	20	5A	17.95	17.34
W2	U-2	“	11.5	13.5	20	5A	21.54	18.24
W3	U-3	핀홀있다	13.2	18.3	20	5A	15.98	13.15
W4	U-4	핀홀없다	15.1	18.8	5	5A	17.70	15.22
W5	U-5	핀홀있다	14.3	19.5	20	5A	15.67	12.15
W6	U-6	핀홀없다	4.5	11.6	5	5A	14.82	12.1
W7	U-7	핀홀있다	9.5	12.3	20	5A	23.87	19.88

⑥ 표면개질된 필름에 S18 사용한 코팅필름의 물성

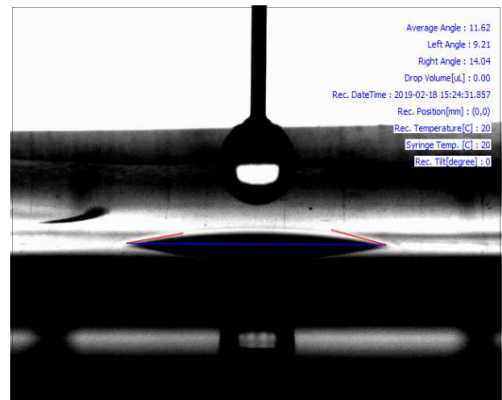
제조번호	표면개질 원단	코팅성	초기 접촉각	내수성	내스크르치 (%)	부착력	투광율 (코팅전)	투광율 (코팅후)
W8	U-0	핀홀없다	12.3	16.3	35	5A	11.35	10.48
W9	U-1	“	10.4	16.4	20	5A	17.95	17.15
W10	U-2	“	12.2	13.7	20	5A	21.54	18.02
W11	U-3	핀홀있다	13.5	18.8	20	5A	15.98	13.05
W12	U-4	핀홀없다	11.2	17.6	5	5A	17.70	15.32
W13	U-5	핀홀있다	15.1	19.0	5	5A	15.67	11.55
W14	U-6	핀홀없다	4.3	9.3	5	5A	14.82	11.10
W15	U-7	핀홀있다	6.8	11.3	5	5A	23.87	19.08

(3) W6, W14의 접촉각 측정

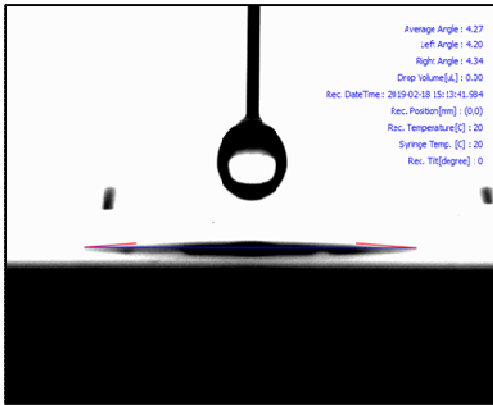


초기접촉각

W6접촉각사진

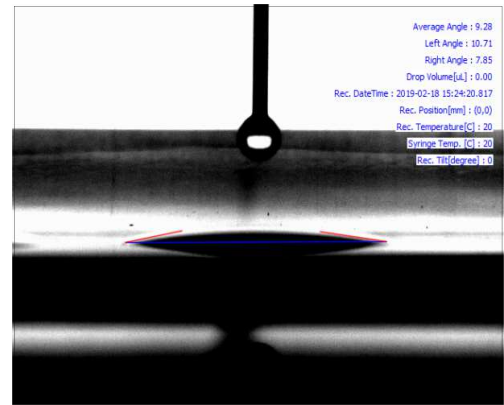


내수성



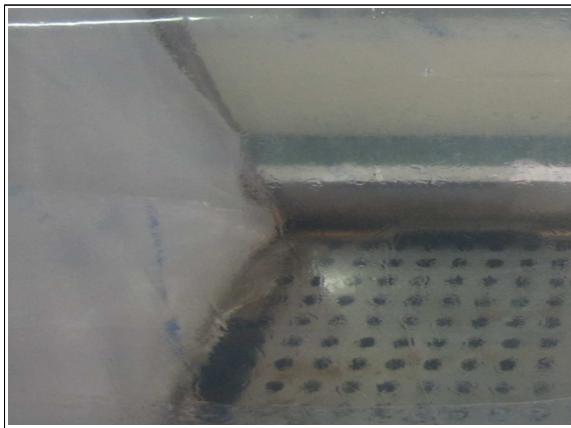
초기접착각

W14접착각사진

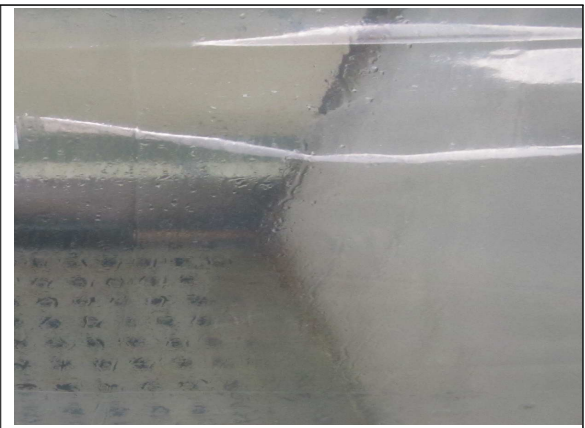


내수성

(4) 표면개질 코팅필름의 유적 형태
(가) 코팅 설치 후 30일 경과



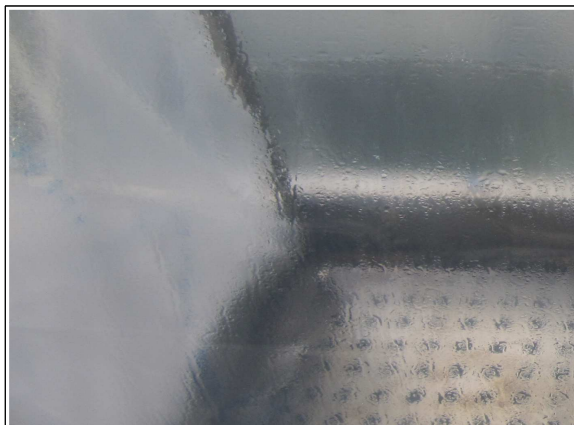
표면개질제 사용(W14)



기존 원단(W8)

(나) 유적진행 사진

* 상온에서 항온조(40°C) 설치 후 15분

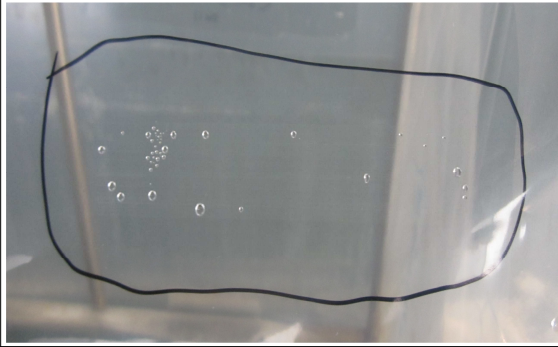
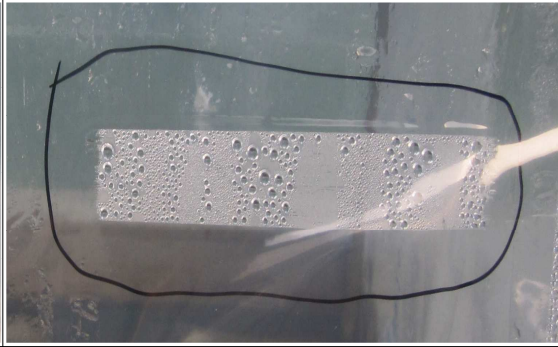
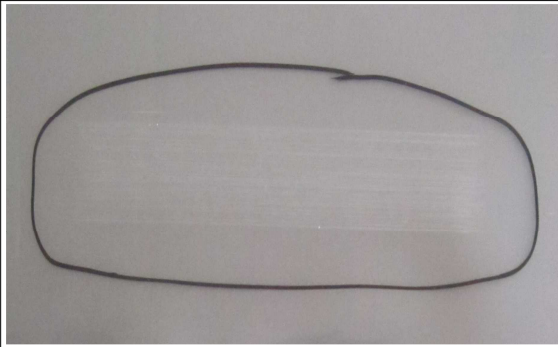
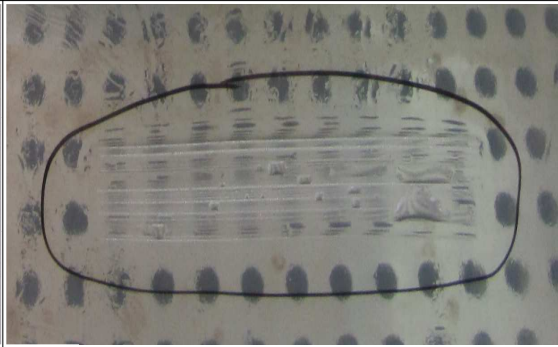
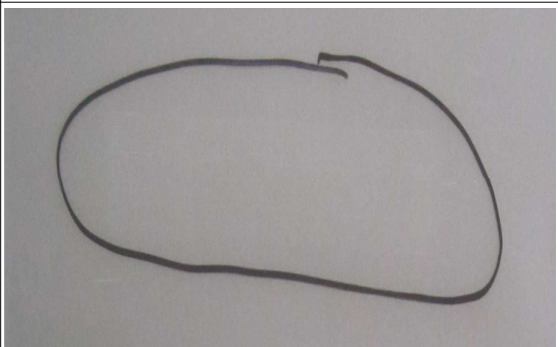
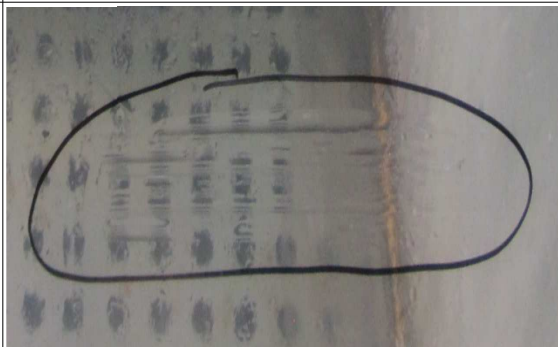
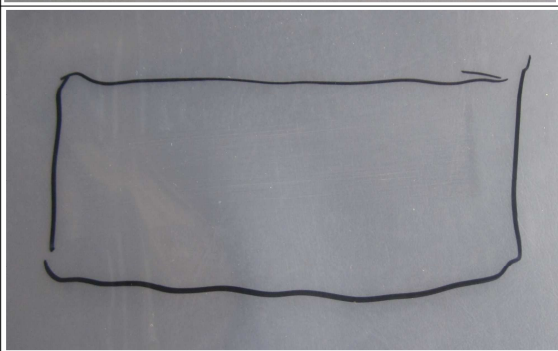
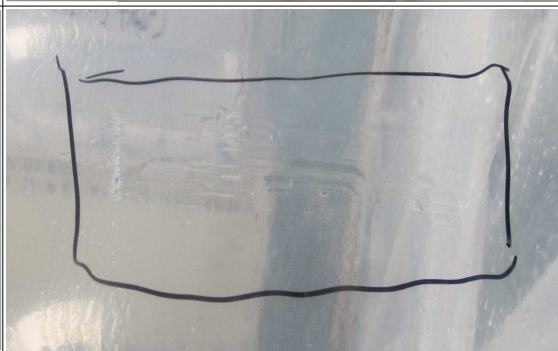


표면개질제 사용(W14)



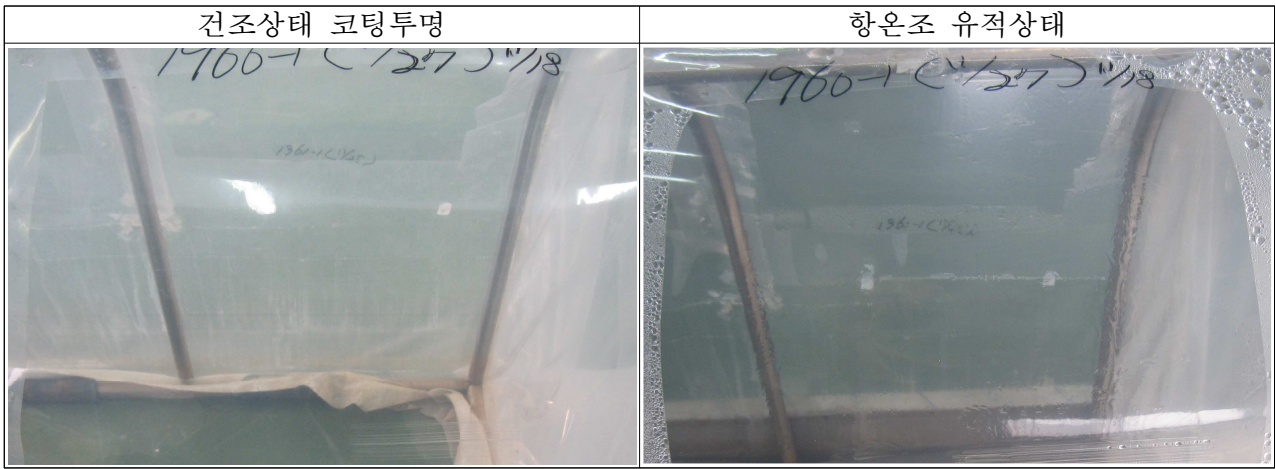
기존 원단(W8)

(5) 내스크르치 상태 (완전박리 100%, 상처없음 0%)

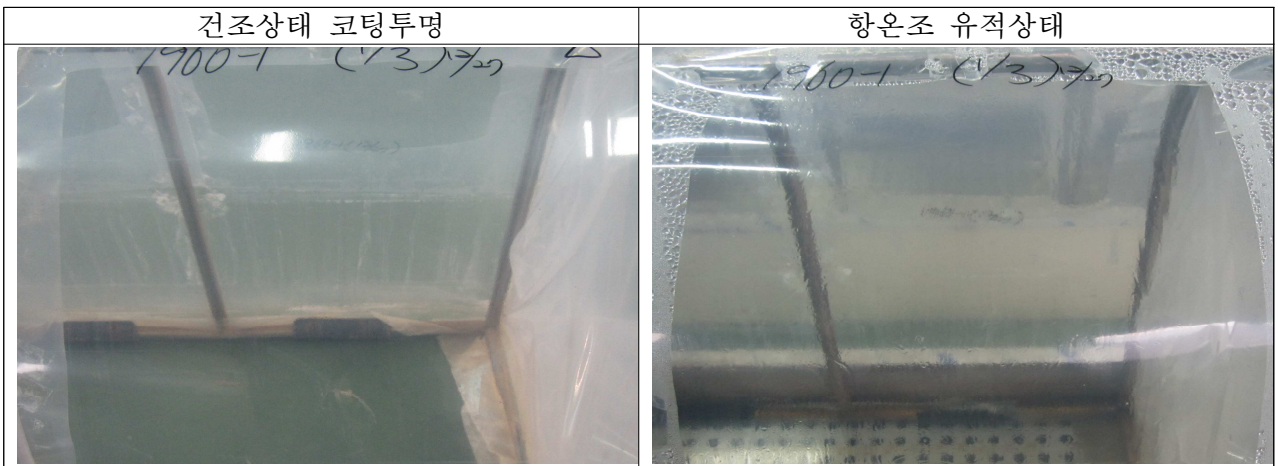
100%		
40%		
15%		
5%		

(6) 코팅액 장기 보관 후 코팅 및 유적상태

(가) 코팅액 제조 4일 후 코팅 및 유적



(나) 코팅액제조 42일 후 코팅 및 유적



* 코팅액을 장기 보관 후 코팅했을 때 코팅 투명 및 유적상태가 동일한 상태를 보인다.

○1협동. 국립특작과학원 시설원예연구소

가. 시설원예용 하이브리드형 장기성 PO필름 실증 시험 (2차년도)

(1) 연구 목적

본 연구는 지표에 도달하는 태양복사에너지 중 열선에 해당하는 근적외선 파장을 일부 차단함으로써 하절기 시설하우스 내부의 온도를 3~4℃ 강하시켜 작물의 생육을 촉진하고 작업환경을 개선할 수 있을 것으로 예상되는 개발필름이 일반 PO필름과 비교하여 시설 내 광환경, 온습도 및 시설채소의 생육과 수량에 어떤 영향을 미치는 가를 구명하고자 수행하였다.

(2) 연구 방법 및 내용

실험하우스는 2.5m×4.0m×2.3m(W×L×H) 크기의 아치형 소형하우스를 6동을 3처리 2반복

으로 설치·배치하였다. 하우스 피복재는 농가에서 이용하는 일반PO필름(0.15mm)을 대조구로 하고, 열 차단기능과 광조절 기능이 있는 PO필름 2종(PO-H: 0.15mm, PO-M: 0.15mm)과 비교하였다(그림 3). 하우스는 온도센서와 개폐모터 및 제어를 이용해 측면환기가 자동으로 이루어지도록 하였으며, 환기온도는 25℃로 설정하여 관리하였다.

피복재의 분광투과특성과 광투과율은 LI-1800 portable spectroradiometer(LI-COR, 300-1,100nm)를 이용, 파장간격을 1nm로 설정하여 측정하였다. 측정은 가로, 세로, 높이가 각 60cm인 정사각형 철재 사각상자를 만들어 밑면을 제외하고 각 필름을 피복한 다음, 분광측정기를 사각상자 안에 넣고 수평상태에서 정오경에 필름별로 2회 반복 측정하여 평균하였다. 광투과율은 외기의 자연광량을 100%로 보고 각 필름별 투과된 광량을 측정하여 산정하였다.

실험작물로는 상추(적치마 품종)를 1월 3일 파종하여 2월 5일 하우스 동당 30주씩 토양에 정식하였다. 정식 전에 이랑당 점적호스를 2열 설치하고 녹색필름으로 멀칭하였다. 비료는 기비를 주지 않고 생육상태를 감안하여 1~2주 간격으로 시판양액(물푸레, 대유화학)을 500배액으로 희석하여 주당 0.5~1.0 L/회 공급하였다. 상추는 4월 2일부터 5월 9일까지 4회 수확하여 잎수와 무게를 측정하였다.



<그림119> 실험에 이용된 PO필름 종류(좌: POH필름, 중앙: 일반 PO필름, 우: POM필름)

(3) 연구 결과

(가) PO필름 종류에 따른 시설 내 환경특성

필름 종류에 따른 광투과율, 광합성 유효광량, 산란광 비율을 표 2, 3, 4에 각각 나타내었다. 전체광(300-1,100nm)의 투과율은 일반 PO필름이 가장 높았으며 PO-M, PO-H 필름 순으로 높았다. 이러한 투과율은 광합성 유효광, 근적외선의 영역에서도 유사한 경향을 보였다(표 2). 2월 20일과 5월 8일에 2회 측정된 광합성 유효광은 일반 PO필름에 비해 개발필름인 PO-M과 PO-H필름은 1.0~1.5% 낮게 나타났다. 2회 측정된 산란광의 비율은 PO-M 필름이 42.1%, 48.5%로 가장 높았고 다음은 PO-H 필름이며, 일반 PO필름이 가장 낮았다. 이러한 결과로 보아 PO-M 필름은 제조과정에 산란기능을 부여한 것으로 평가되었다.

표 5에서 보는 바와 같이 온실 내 최저, 최고 및 평균 기온을 살펴보면, 최저기온은 세 필름 간에 거의 비슷하나 일반 PO필름, PO-M, PO-H 필름 순으로 미세한 차이를 보였다. 한편 최고기온은 PO-H 필름이 일반 PO필름과 PO-M 필름에 비해 2.9~2.4℃ 낮게 유지되었다. 평균 기온은 PO필름, PO-M, PO-H 필름 순으로 높았다. 결과적으로 PO-H 필름은 산란광 비율이

PO-M 필름보다 낮지만 열차단 기능이 다소 있고, PO-M 필름은 산란광 비율은 높지만 열차단 기능이 약한 것으로 분석되었다. 본 연구에서 PO필름 종류 간에 시설 내 기온 차이가 크지 않는 것은 실험하우스의 크기가 너무 작아 환경특성 발현이 제대로 이루어지지 않은 것이 한 요인이 될 수 있다고 판단되었다.

구분	PO-H 필름	PO-M 필름	일반 PO필름
전광 투과율 (300-1100nm)	84.4±0.1	85.2±0.1	87.2±0.1
광합성 유효광 투과율 (400-700nm)	85.0±2.0	85.5±2.7	87.2±1.3
근적외선 투과율 (700-1100nm)	85.5±0.2	86.2±0.2	87.7±0.1

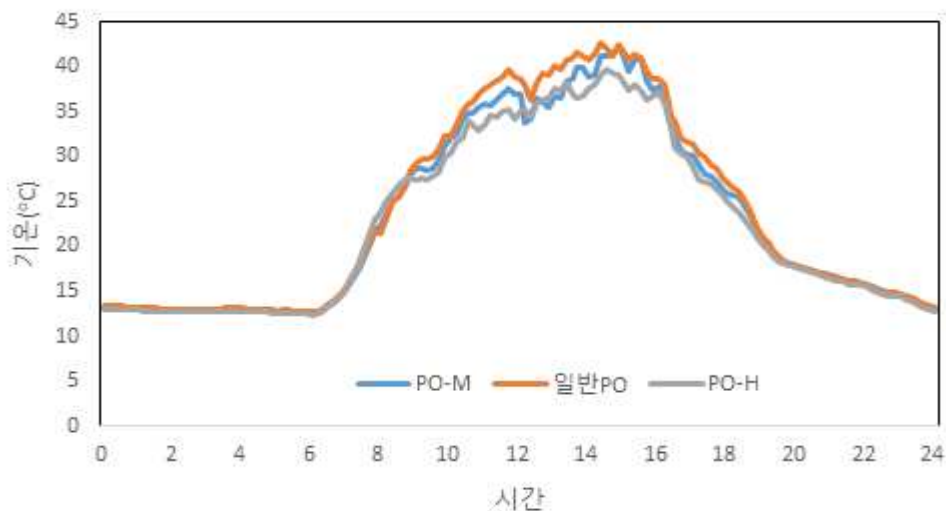
<표 31> PO필름 종류에 따른 광 투과율(%)

조사월/일	PO-H 필름	PO-M 필름	일반 PO필름	외부
2/20	843.7±11.4	845.3±8.1	856.5±9.5	1080.5±10.7
5/8	959.9±9.9	958.5±12.9	979.5±10.9	1195.1±13.3

<표 32> PO필름 종류에 따른 최대 광합성유효광량($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

조사월/일	PO-H 필름	PO-M 필름	일반 PO필름	외부
2/20	35.6±1.2	42.1±1.5	33.1±0.9	24.5±0.8
5/8	37.5±1.5	48.5±2.2	35.3±1.4	29.7±1.9

<표 33> PO필름 종류에 따른 산란광 비율(%)



<그림120> PO필름 종류에 따른 시설 내 최저온도 일변화

구 분	최저기온(℃)	최고기온(℃)	평균기온(℃)
PO-H 필름	12.38	39.75	22.54
PO-M 필름	12.64	42.19	23.15
일반 PO필름	12.70	42.63	23.78

<표 34> PO필름 종류에 따른 하우스 내 최저, 최고 및 평균 기온(측정: 2018.5.8)

(나) PO필름 종류에 따른 상추의 생육 및 수량

PO필름 종류에 따른 상추의 초기 생육과 잎 수량은 표 6, 7, 8에서 보는 바와 같다. 1차 조사(3.22.)에서의 생육은 일반 PO필름이 가장 양호하였는데, 이는 기온이 낮고 일조량이 적은 때 이라 광투과율이 다소 높은 일반 PO필름이 유리하기 때문인 것으로 판단되었다. 2차 조사에서는 필름 간 통계적 유의성이 없었다. 상추 잎의 누적 수량은 잎무게 면에서는 필름 간에 통계적 유의성이 없었으나 잎수 면에서는 일반 PO필름이 가장 많았고, PO-H, PO-M 필름 순으로 많았다. 상추의 생육과 수량에 있어서도 PO필름 종류 간에 차이가 거의 없는 것은 앞에서 언급한 바와 같이 실험하우스의 크기가 너무 작아 환경특성 발현이 제대로 이루어지지 않은 것이 하나의 요인이 될 수 있다고 판단되었다.

조사일 처리	1차 (2018-03-22)			2차 (2018-03-29)		
	엽수(개/주)	엽면적(cm ² /주)	엽중(g/주)	엽수(개/주)	엽면적(cm ² /주)	엽중(g/주)
PO-H 필름	4.5 b ^z	169.8 b	7.3 a	8.5 a	572.2 a	23.8 a
PO-M 필름	4.5 b	187.3 a	7.0 a	8.3 a	522.3 a	21.4 a
일반 PO필름	5.5 a	191.3 a	7.7 a	8.3 a	539.0 a	21.8 a

^z LSD $P < 0.05$.

<표 35> 상추의 초기 생육 특성

수확월일	상추 잎 무게 (g/10주)		
	PO-H 필름	PO-M 필름	일반 PO필름
2018-04-02	65.0 a ^z	63.0 a	62.0 a
2018-04-12	119.7 a	122.3 a	121.3 a
2018-04-27	229.0 a	225.7 a	225.3 a
2018-05-09	332.0 a	328.7 a	326.0 a

^z LSD $P < 0.05$.

<표 36> 상추의 누적 잎 수량(무게)

수확월일	상추 잎 수 (개/10주)		
	PO-H 필름	PO-M 필름	일반 PO필름
2018-04-02	191.4 a ^z	201.9 a	201.6 a
2018-04-12	364.8 a	368.3 a	378.6 a
2018-04-27	814.9 b	724.8 b	945.0 a
2018-05-09	1,277.4 a	1,055.5 b	1,339.4 a

^z LSD $P < 0.05$.

<표 37> 상추의 누적 잎 수량(개수)

나. 시설 내 광환경, 온습도 및 시설채소의 생육수량 (3차년도)

(1) 연구 목적

본 연구는 지표에 도달하는 태양복사에너지 중 열선에 해당하는 근적외선 파장을 일부 차단하여 하절기 시설하우스 내부의 온도를 3~4°C 강하시켜 작물의 생육과 작업환경을 개선하고자, 개발한 열 차단필름의 시설 내 광환경, 온습도 및 시설채소(상추, 오이, 토마토, 멜론)의 생육과 수량에 어떤 영향을 미치는 가를 구명하고자 수행하였다.

(2) 연구 방법 및 내용

실험하우스는 2.5m×4.0m×2.3m(W×L×H) 크기의 아치형 소형하우스를 6동을 3처리 2반복으로 설치·배치하였다. 하우스 피복재는 농가에서 이용하는 일반PO필름(0.15mm)을 대조구로 하고, 주관연구기관인 ‘일신화학’이 개발한 열 차단기능이 있는 PO필름 2종(PO-H: 0.15mm, PO-M: 0.15mm)과 비교하였다(그림 5). 하우스는 온도센서와 개폐모터 및 제어를 이용해 측면환기가 자동으로 이루어지도록 하였으며, 환기온도는 25°C로 설정하여 관리하였다.

실험작물은 봄과 여름에 2번 재배하였는데, 봄작기에는 상추(여름적치마: 아시아종묘)와 오이(조은백다다기: 팜한농)를, 여름작기에는 토마토(데프니스: 신젠타)와 멜론(얼스킹스타: 농우바이오)을 각각 재배하였다. 상추는 2019년 2월 11일에 파종하고 3월 15일에 길이, 폭, 높이가 각 80cm, 20cm, 20cm인 직사각형 화분에 4주씩 심어 하우스 한 동당 4화분을 입식하였다. 오이는 3월 12일 50공 트레이에 파종하여 4월 8일 와그너포트(10L)에 심어 하우스 동당 10주를 입식하였다. 상추는 4월 12일부터 6월 10일까지 9회 수확하였으며, 오이는 5월 10일부터 6월 10일까지 14회 수확하였다. 토마토는 7월 1일 와그너포트(10L)에 심어 하우스 동당 10주를 입식하고, 멜론은 6월 10일 파종하여 7월 1일 와그너포트(10L)에 심어 하우스 동당 10주를 입식하였다. 토마토는 3화방까지 재배하여 8월 28일부터 9월 16일까지 4회 수확하였고, 멜론은 9월 16일에 수확을 종료하였다.

포트에 담은 배지는 시판용 상토를 사용하였으며, 관수는 각 화분에 에로우드리퍼(aero dripper)를 꽂아서 실시하였으며, 전자식 토양수분장력센서를 설치하고, 관수모터, 여과기, 물통, 전자밸브, 콘트롤러 등을 설치해 자동화하였다. 비료는 기비는 주지 않고 생육상태를 감안하여 1~2주 간격으로 시판양액(물푸레, 대유화학)을 500배액으로 희석하여 주당 0.5~1.0 L/회 공급하였다.



<그림 121> 실험에 이용된 소형하우스 및 작물재배 장면

피복재의 분광투과특성과 광투과율은 LI-1800 portable spectroradiometer(LI-COR, 300-1,100nm)를 이용, 파장간격을 1nm로 설정하여 측정하였다. 측정은 가로, 세로, 높이가 각 60cm인 정사각형 철재 사각상자를 만들어 밑면을 제외하고 각 필름을 피복한 다음, 분광측정기를 사각상자 안에 넣고 수평상태에서 12:00 ~ 13:00에 필름별로 3회 반복 측정하여 평균하였다. 광투과율은 외기의 자연광 에너지량을 100%로 보고 각 필름별 투과 에너지량을 측정하여 산정하였다. 하우스 내 온도 및 습도는 온습도 datalog(TR-72wf, T&D)를 하우스 중앙의 지면으로부터 1.5m 높이에 각각 설치하여 1시간 간격으로 데이터를 저장하여 평균하여 나타내었다.

상추, 오이, 토마토, 멜론 등은 생육초기와 후기에 처리당 10주(반복당 5주)에 대해 초장, 엽수, 엽면적, 경경, 생체중, 건물중 등의 생육조사를 실시하였고, 잎과 과실의 수량은 개수와 무게를 수시로 조사하였다. 오이와 토마토의 광합성, 기공저항 및 호흡량은 LI-6400 portable photosynthesis system(Licor, USA)을 이용하여 측정하였다. 토마토와 멜론의 당도는 굴절당도계(refractometer, ATAGO, Japan)로 처리당 10개(반복당 5개) 과실을 조사하였다.

(3) 결과 및 고찰

(가) 하우스 내 기온 및 상대습도

2019년 5월부터 8월까지 4개월간의 PO필름 종류별 하우스 내의 주야간 평균 기온과 상대습도를 표 9에 나타내었는데, 필름 종류 간에 약간의 차이를 나타내었다. 주간 평균기온은 광투과율이 다소 높은 일반 PO필름에 비해 PO-M 필름이 1.3~1.5°C, PO-H 필름이 0.9~1.1°C 낮았고, 야간 평균기온은 일반 PO필름에 비해 PO-M필름이 0.5~0.8°C, PO-H 필름이

0.3~0.6℃ 낮게 유지되었다. 이러한 온도특성의 차이는 PO-M과 PO-H 필름은 근적외선을 차단하는 기능이 있기 때문인 것으로 분석되었다. 주간 상대습도는 반대로 일반 PO 필름에 비해 PO-H와 PO-M 필름이 미세하게 높은 경향이었고, 야간 상대습도는 거의 차이가 없었다. 결과적으로 PO-M 및 PO-H 필름은 근적외선 차단에 의해 온도 강하효과가 다소 있는 것으로 조사되었다. 본 실험에서는 실험하우스의 크기가 너무 작아 필름 종류에 따른 환경특성 발현이 확실하게 이루어지지 못할 가능성이 다소 있을 것으로 판단되었다.

시기	처 리	주 간		야 간	
		기온 (℃)	상대습도(%)	기온 (℃)	상대습도(%)
5월	PO-H	29.7	39.4	13.2	93.1
	PO-M	29.2	43.8	13.0	92.5
	일반 PO	30.6	39.0	13.8	92.0
6월	PO-H	29.8	57.9	17.9	89.5
	PO-M	29.3	53.4	17.6	90.8
	일반 PO	30.9	50.0	18.4	89.5
7월	PO-H	30.8	58.3	22.3	88.8
	PO-M	30.6	58.2	22.1	88.5
	일반 PO	31.9	58.0	22.6	90.5
8월	PO-H	32.8	58.2	23.3	89.7
	PO-M	32.4	58.6	23.0	91.8
	일반 PO	33.8	57.3	23.7	92.6

* 주간: 07:00-19:00, 야간: 20:00-06:00, 측면환기 설정온도: 25℃
 <표 38> PO필름 종류에 따른 월별 주·야간 평균 기온 및 상대습도

(나) 상추, 오이, 토마토, 멜론의 생육 및 수량

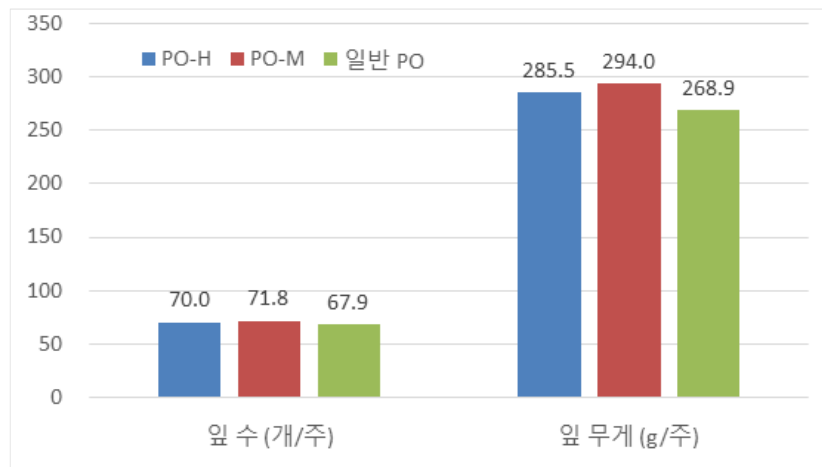
표 10, 11, 12, 13, 14, 15와 그림 6, 7, 8, 9는 상추, 오이, 토마토, 멜론의 생육특성, 광합성, 수량, 과실특성 등을 나타내었다. 상추는 초장, 경경, 생체중, 건물중 등의 생육특성과 잎 수량(9회 수확)이 필름 간에 근소한 차이를 보였는데, 일반 PO필름에 비해 PO-M과 PO-H 필름이 다소 우수하였으며, 특히 잎 수량(무게)은 6~9% 많았다. 오이의 광합성능력 및 과실 수량에 있어서도 상추와 비슷한 경향으로 필름 간에 미세한 차이가 있었으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 오이의 과실수량은 일반 PO필름에 비해 PO-H와 PO-M 필름이 6~8% 많았는데, 이것은 PO-H와 PO-M 필름의 근적외선 차단에 의한 온도강하와 산광 효과에 기인했을 것으로 추정되었다.

토마토의 광합성능력, 생육특성, 엽록소 형광반응, 과실수량 및 당도 등은 PO필름 간에 통계적 유의성은 인정되지 않았으나 일반 PO필름에 비해 PO-H와 PO-M 필름이 유사하거나 다소 우수하였다. 토마토 과실수량에 있어서 과실 수와 과실 무게가 일반 PO필름에 비해 PO-H와 PO-M 필름이 8~11% 많았다. 멜론의 생육과 수량은 PO필름의 종류에 따른 통계적 유의성은 인정되지 않았으나 엽면적과 잎, 줄기, 뿌리의 건물중, 과실무게, 네트지수 등이 일반 PO 필름에 비해 PO-M과 PO-H 필름이 다소 우수하였다. 이것은 멜론의 고온기 재배 시에 두 필름이 가진 약간의 온도 강하효과에 기인하는 것으로 판단되었다.

처 리	초장 (cm)	경경 (mm)	생체중 (g/주)			건물중 (g/주)		
			지상부	지하부	계	지상부	지하부	계
PO-H	39.8 a ^z	17.5 a	36.5	12.0	48.5 a	1.7	0.8	2.5 a
PO-M	38.3 a	16.8 a	37.4	11.9	49.3 a	1.8	0.8	2.6 a
일반 PO	42.0 a	17.3 a	36.1	11.4	47.5 a	1.7	0.7	2.4 a

^z LSD $P < 0.05$.

<표 39> 상추 생육상황 (6.10 조사)

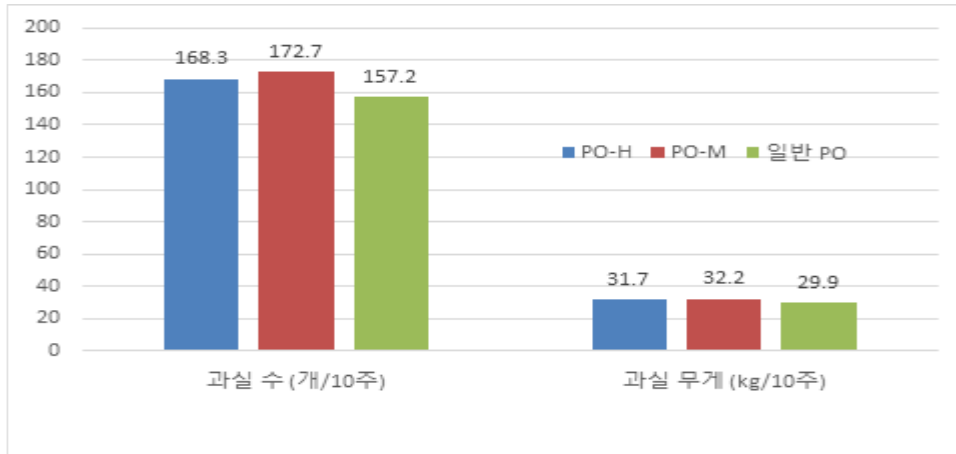


<그림 6> 상추 수확량 (9회 수확: 4.12-6.7)

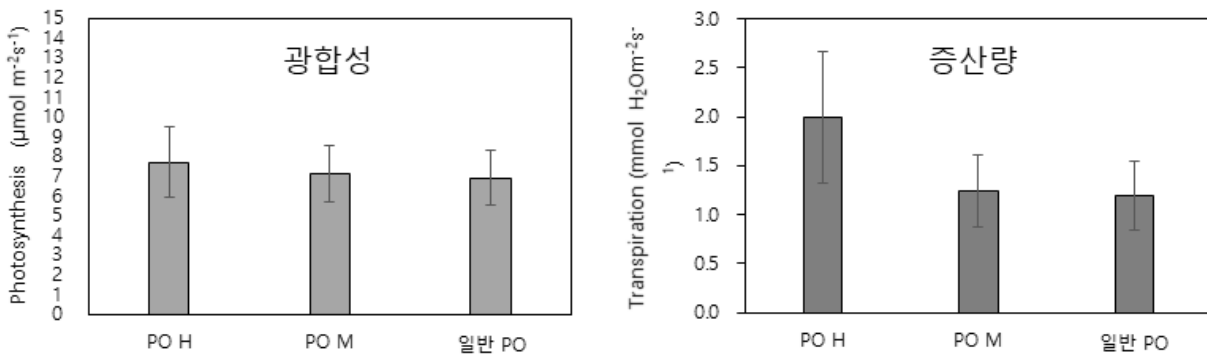
처 리	순광합성량 ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	기공전도도 ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	증산율 ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
PO-H	10.62 a ^z	0.30 a	2.78 a
PO-M	11.52 a	0.32 a	2.17 a
일반 PO	10.26 a	0.25 a	2.03 a

^z LSD $P < 0.05$.

<표 40> 오이의 광합성능력 (측정일시: 2019. 5. 22.)



<그림 7> 오이의 과실수량 (14회 수확: 5.10-6.10)

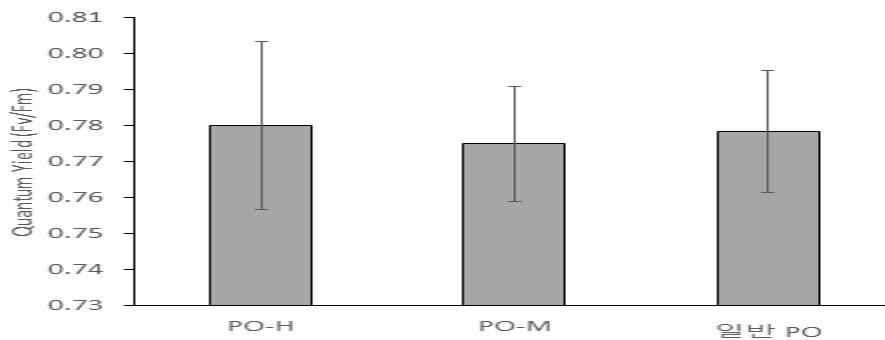


<그림 124> 토마토의 광합성능력 (2019. 7. 24 측정)

처 리	초장 (cm)	엽수 (개)	경경 (mm)	엽면적* (cm ² /잎)	건물중 (g)			
					잎**	줄기	뿌리	계
PO-H	187.0 a ^z	29.5 a	14.4 a	2,581 a	21.4	64.8	14.9	101.1 a
PO-M	193.0 a	29.7 a	14.6 a	2,598 a	22.6	63.8	15.5	101.9 a
일반 PO	193.7 a	28.8 a	13.6 a	2,486 a	21.2	62.3	14.8	98.3 a

^z LSD *P*<0.05. *생장점으로부터 7번째 아래잎 측정 **2잎무게: 생장점으로부터 7,8번째 아래잎 측정

<표 41> 토마토의 후기 생육 특성 (9.9 조사)



<그림 125> 토마토의 엽록소 형광 반응

처 리	과실 수 (개/주)	과실 무게 (g/주)	당도 (°BX)
PO-H	9.1 a ^z	1,309.6 a	6.5 a
PO-M	8.7 a	1,279.5 a	6.3 a
일반 PO	8.4 a	1,196.5 a	6.7 a

^z LSD $P<0.05$.

<표 42> 토마토의 과실 수량 및 당도 (8.28-9.9 조사)

처 리	초장 (cm)	잎수 (개)	경경 (mm)	엽면적* (cm ² /잎)	건물중 (g)			
					잎**	줄기	뿌리	계
PO-H	181.2a ^z	25.8a	13.9a	1,194a	16.4	33.7	4.3	54.4a
PO-M	180.7a	26.2a	14.2a	1,296a	16.6	32.0	4.6	53.2a
일반 PO	185.4a	25.7a	13.6a	1,142a	15.9	31.9	4.0	51.8a

^z LSD $P<0.05$.

*상부로부터 5번째 아래잎 측정 *1잎 무게: 상부로부터 5번째 아래잎 측정

<표 43> 멜론의 후기 생육 특성 (9.11 조사)

처 리	과중 (g)	과고 (cm)	과폭 (cm)	과육두께 (cm)	네트지수 (1-5)*	과실당도(°Bx)
PO-H	2,250 a ^z	18.5 a	16.3 a	4.8 a	1.5 a	18.4 a
PO-M	2,315 a	19.1 a	16.7 a	5.2 a	1.3 a	18.7 a
일반 PO	2,103 a	18.3 a	15.9 a	4.7a	1.8 a	19.0 a

^z LSD $P<0.05$

* 네트지수: 1(매우 우수) - 5(매우불량)

<표 44> 멜론의 과실 특성

< 요약 >

1. 전체 광(300-1,100nm)의 투과율은 PO-M필름(84.4%)과 PO-H필름(85.2%)에 비해 일반 PO필름이 87.2%로서 가장 높았으며, UV, PAR, NIR 광원에서도 유사한 경향이였다.
2. UV광의 투과율은 일반 PO필름이 83.3%인데 비해 PO-M과 PO-H필름은 75.9%와 77.4%로 낮았으며, 특히 PO-M필름은 UV 흡수율이 19.5%로서 일반 PO필름 8.7%에 비해 두배 이상 높았는데, 이는 일반 PO필름에 비해 개발필름은 산광, 적외선 차단 등의 기능이 부여되었기 때문일 것으로 판단되었다.
3. 광합성 유효광은 일반 PO필름에 비해 개발필름인 PO-M과 PO-H필름은 1.0~1.5% 낮게 나타났으며, 산란광의 비율은 PO-M 필름이 42.1%, 48.5%로 가장 높았고 일반 PO필름이 가장 낮았다.

4. 주간 평균기온은 광투과율이 다소 높은 일반 PO필름에 비해 PO-M 필름이 1.3~1.5℃, PO-H 필름이 0.9~1.1℃ 낮았고, 야간 평균기온은 일반 PO필름에 비해 PO-M필름이 0.5~0.8℃, PO-H 필름이 0.3~0.6℃ 낮게 유지되었는데, 이러한 온도특성의 차이는 PO-M과 PO-H 필름은 근적외선을 차단하는 기능이 부여되었기 때문인 것으로 분석되었다.
5. 주간 상대습도는 일반 PO 필름에 비해 PO-H와 PO-M 필름이 미세하게 높은 경향이었고, 야간 상대습도는 거의 차이가 없었다.
6. 상추, 오이, 토마토, 멜론의 생육, 광합성, 수량, 과실 특성은 PO필름의 종류에 따른 통계적 유의성은 인정되지 않았으나 일반 PO필름에 비해 PO-M과 PO-H 필름이 다소 우수한 것으로 나타났는데, 이것은 이들 작물의 고온기 재배 시에 두 필름이 가진 약간의 온도 강화 및 산광 효과에 기인하는 것으로 판단되었다.
7. 본 연구에서 PO필름 종류 간에 기온 등 환경요인의 차이가 크지 않는 것은 실험하우스의 크기가 너무 작아 필름 종류에 따른 환경특성 발현이 확실하게 이루어지지 못한 것이 하나의 요인으로 작용할 수 있을 것으로 판단되었다.

○ 2협동. 경북도원 성주참외과채류연구소

가. 외피복필름 종류별 참외 생육 특성 (2차년도)

첫 암꽃개화 소요일수<표 23>는 PO H필름과 시중품 PO필름 처리에서 46일 정도였으며 이에 비해서 PO M필름 처리시에는 56일 정도로 10일 정도 늦었는데 차년도 연구에서 이에 대한 확인이 필요할 것으로 생각된다. 초장과 엽수를 통한 초기 생육을 조사한 결과<표 24>, 시중품 PO필름 처리시 시제품 PO M필름과 PO H필름 처리에 비해서 초장과 엽수가 비교적 높은 특성이 나타났다. <표 24>

	PO M 필름	PO H 필름	시중 PO필름(대조)
개화일(월/일)	1/30	1/21	1/21
개화소요일수(일)	56	46	46

<표45> 개화 소요일수

조사일	2018-01-05		2018-01-12	
	초장	엽수	초장	엽수
PO M 필름	22.6	7.3	30.2	10.2
PO H 필름	27.4	8.4	38.2	11.5
시중 PO필름	50.8	11.4	67.2	14.2

<표46> 초기 생육 특성

3~4월에 걸친 수확초기의 과실 수량은 시중 PO필름 처리에서 44.3kg/100m²으로 가장 높았

으며 5~6월의 수확 중반에서는 PO M필름 처리시 50.6kg/100m²으로 가장 높았고 7~8월의 하절기에서는 PO H필름 처리시 92.5kg/100m²으로 가장 높았다. 참외 재배 작기 전체의 과실 수량은 PO H필름에서 181.9kg/100m²으로 가장 많았고 다음으로 시중 PO필름, PO M필름 처리 순으로 나타났다<표 25>.

수확 시기별 소득분포를 조사한 결과<표 25>에서는 참외 가격이 높은 시기인 3~4월의 참외 수량은 시중 PO필름에서 가장 높았고 다음으로 PO H필름처리가 높았으며 참외 수확전체에 걸쳐진 3월부터 8월까지의 총 소득을 조사한 결과에서는 수량이 가장 높은 PO H필름 처리시 소득이 가장 높은 것으로 나타났는데 이러한 결과는 차년도 연구에서 다시 반복을 통한 확인이 필요하다.

처리	수확시기	수량		상품과		소득 (천원)*
		수량(kg)	비율(%)	갯수	비율(%)	
PO M필름	3~4월	35.5	22	14.3	15	149
	5~6월	50.6	32	28.7	29	126
	7~8월	72.1	46	55.0	56	101
	총수량	158.1	-	24.4	-	376
PO H필름	3~4월	42.0	23	15.7	15	176
	5~6월	47.4	26	27.7	27	119
	7~8월	92.5	51	60.3	58	130
	총수량	181.9	-	103.7	-	425
시중 PO필름	3~4월	44.3	27	24.7	21	186
	5~6월	45.9	28	35.3	29	115
	7~8월	72.7	45	60.3	50	102
	총수량	162.8	-	120.3	-	403

※ 참외 평균가격 : 3~4월 4,200원/kg, 5~6월 2,500천원/kg, 7~8월 1,400원/kg

<표47> 외피복재 종류별 참외 수량 및 소득 분포

과실의 개체중<표 26>은 전체적으로 350~545g으로 나타났는데 과실 개체중이 가벼워지는 7~8월 사이의 하절기에서는 PO H필름과 시중 PO필름 처리에서 각 400g과 414g으로 개체중이 높은 것으로 나타났다.

3~4월 수확초기의 과육두께는<표 26> PO H필름에서 19.1mm, 8월의 하절기에서 PO M필름과 시중품 PO필름에서 각각 21.0, 20.9mm로 나타나 3~4월 수확초기의 수확초기의 참외 가식부위인 과육의 품질은 PO H필름 처리시 가장 나은 것으로 생각된다.

과육의 당도에 있어서는 3~4월 수확초기에서는 PO H필름처리에서 14.4° Brix로 가장 높았으며 7~8월 하절기에는 시중품 PO필름에서 11.8° Brix로 가장 높게 나타났는데 과육의 두께와 과육 당도가 우수한 점을 고려해볼 때 PO H필름 처리가 봄 철 수확에서 우수한 품질을 생산할 수 있는 것으로 생각된다.

처리	수확시기	과중(g)	과육두께(mm)	과장	과폭	당도(°Brix)	
				cm		과육	태좌
PO M필름	3~4월	349.7	18.7	10.2	8.1	13.9	18.3
	5~6월	423.0	20.6	11.1	8.7	12.1	17.0
	7~8월	358.9	21.0	11.6	7.8	10.2	13.1

	평균	377.2	20.1	11.0	8.2	12.0	16.2
PO H필름	3~4월	363.2	19.1	10.3	8.3	14.4	17.8
	5~6월	545.6	23.3	11.9	9.3	11.5	17.0
	7~8월	400.2	18.6	12.0	8.1	9.9	13.0
	평균	436.3	20.3	11.4	8.5	11.9	15.9
시중 PO필름	3~4월	344.1	17.7	10.1	8.0	13.9	18.5
	5~6월	430.7	21.1	11.0	8.6	12.8	17.4
	7~8월	413.8	20.9	11.6	8.3	11.8	14.9
	평균	396.2	19.9	10.9	8.3	12.8	16.9

<표48> 처리별 참외 과실 특성

과육의 경도는<표 27> 전반적으로 3~4월과 7~8월 수확 과실에 비해서 5~6월 수확 과실이 높은 경향을 나타내었으나 필름종류별로 과육경도의 뚜렷한 차이는 인정되기 어려웠다. 색도에 있어서도 밝기 값인 L값도 필름 처리 종류에 따라서 뚜렷한 차이를 인정하기 어려웠다.

처리	수확시기	과육경도 (g/9mm)	색도		
			L	a	b
PO M필름	3~4월	2,063.4	69.6	16.3	72.0
	5~6월	2,165.2	71.0	14.1	72.9
	7~8월	1,871.6	78.2	11.8	65.6
	평균	2,033.4	72.9	14.1	70.2
PO H필름	3~4월	2,073.6	69.3	16.6	71.1
	5~6월	2,109.5	70.9	14.4	72.2
	7~8월	1,681.1	77.7	12.9	71.0
	평균	1,954.7	72.6	14.6	71.4
시중 PO필름	3~4월	2,109.7	68.9	16.2	71.4
	5~6월	2,140.4	69.8	16.8	73.6
	7~8월	1,786.0	74.8	13.7	71.5
	평균	2,012.0	71.1	15.5	72.1

<표49> 처리별 참외 품질 특성

나. 외피복필름 종류별 시설환경 특성 (2차년도)

필름종류별 시설 내 산란 광량<표 28>은 1월말 동절기에서는 PO M필름에서 가장 높았으며 PO H필름과 시중 PO필름은 비슷한 경향이었는데 3월말의 조사결과에서도 유사한 경향이 나타났다.

총 유효광량<표 29>은 1월말 동절기에서는 PO H필름과 시중 PO필름이 비슷한 수치였고 PO M필름은 이보다 낮은 수치가 나타났다.

총광량 대비 산란광 비율<표 30>은 PO M필름에서 가장 높았고 PO H필름과 시중 PO필름은 비슷한 경향을 나타내었다.

조사일(월/일)	PO M 필름	PO H 필름	시중PO필름	외부
1/23	386.3±1.5	313.0±5.4	315.8±0.5	284.7±5.7
3/26	526.1±1.2	473.7±4.0	479.6±4.2	484.0±1.3

<표50> 1일 산란광량($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

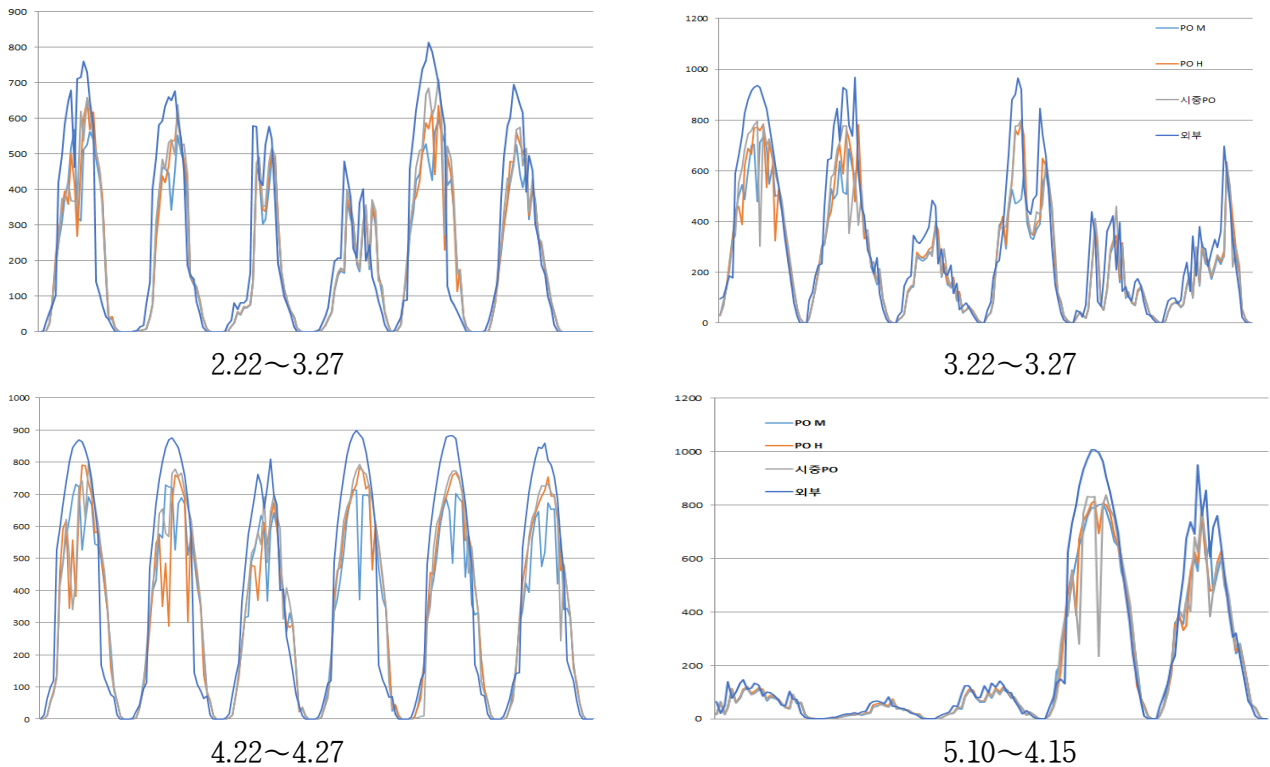
조사일(월/일)	PO M 필름	PO H 필름	시중 PO필름	외부
1/23	746.1±2.4	888.7±9.8	917.4±10.6	1108.8±11.2
3/26	1,181.6±11.3	1,257.1±17.8	1,302.6±24.4	1,575.2±6.9

<표51> 1일 총유효광량($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

조사일(월/일)	PO M 필름	PO H 필름	시중 PO필름	외부
1/23	0.52	0.35	0.34	0.26
3/26	0.45	0.38	0.37	0.31

<표52> 총유효광량 대비 산란광 비율

동절기와 하절기 초입에 걸친 참외재배 터널내부의 온도를 조사한 결과(그림 1), 2월말의 동절기 터널내부 온도는 PO H필름에서 가장 높았으며 5월중의 하절기 초입에서는 시중 PO필름이 가장 높았고 다음으로 PO H, PO M필름으로 나타났는데 차년도 연구에서는 온도분포에 대한 검토가 더 필요할 것으로 생각된다.



(그림126) 외피복재 종류별 하우스 터널내 온도

다. 외피복필름 종류별 참외 생육 특성 (3차년도)

첫 암꽃개화 소요일수(표 1)는 PO H필름과 시중품 PO필름 처리에서 46일 정도였으며 이에 비해서 PO M필름 처리시에는 56일 정도로 10일 정도 늦었는데 차년도 연구에서 이에 대한 확인이 필요할 것으로 생각된다. 초장과 엽수를 통한 초기 생육을 조사한 결과(표 2), 시중품 PO 필름 처리시 시제품 PO M필름과 PO H필름 처리에 비해서 초장과 엽수가 비교적 높은 특성이 나타났다. (표 2)

	PO M 필름		PO H 필름		시중 PO필름(대조)	
	2018년	2019년	2018년	2019년	2018년	2019년
개화일(월/일)	1/30	1/29	1/21	1/30	1/21	1/31
개화소요일수(일)	56	39	46	39	46	40

<표 53> 개화 소요일수

조사일	2018-01-05		2018-01-12	
	초장	엽수	초장	엽수
PO M 필름	22.6	7.3	30.2	10.2
PO H 필름	27.4	8.4	38.2	11.5
시중 PO필름	50.8	11.4	67.2	14.2

조사일	2019-01-11		2019-01-23	
	초장	엽수	초장	엽수
MV 필름	52.1	7.6	103.7	11.9
H14 필름	45.7	9.5	87.5	10.8
시중 PO필름	48.1	7.6	10.8	11.4

<표 54> 초기 생육 특성

3~4월에 걸친 수확초기의 과실 수량은 시중 PO필름 처리에서 44.3kg/100m²으로 가장 높았으며 5~6월의 수확 중반에서는 PO M필름 처리시 50.6kg/100m²으로 가장 높았고 7~8월의 하절기에서는 PO H필름 처리시 92.5kg/100m²으로 가장 높았다. 참외 재배 작기 전체의 과실 수량은 PO H필름에서 181.9kg/100m²으로 가장 많았고 다음으로 시중 PO필름, PO M필름 처리 순으로 나타났다(표 3).

수확 시기별 소득분포를 조사한 결과(표 3)에서는 참외 가격이 높은 시기인 3~4월의 참외 수량은 시중 PO필름에서 가장 높았고 다음으로 PO H필름처리가 높았으며 참외 수확전체에 걸쳐진 3월부터 8월까지의 총 소득을 조사한 결과에서는 수량이 가장 높은 PO H필름 처리시 소득이 가장 높은 것으로 나타났다.

- 2018년

처리	수확시기	수량		상품과		소득 (천원)*
		수량(kg)	비율(%)	갯수	비율(%)	
PO M필름	3~4월	35.5	22	14.3	15	149
	5~6월	50.6	32	28.7	29	126
	7~8월	72.1	46	55.0	56	101
	총수량	158.1	-	24.4	-	376
PO H필름	3~4월	42.0	23	15.7	15	176
	5~6월	47.4	26	27.7	27	119
	7~8월	92.5	51	60.3	58	130
	총수량	181.9	-	103.7	-	425
시중 PO필름	3~4월	44.3	27	24.7	21	186
	5~6월	45.9	28	35.3	29	115
	7~8월	72.7	45	60.3	50	102
	총수량	162.8	-	120.3	-	403

※ 참외 평균가격 : 3~4월 4,200원/kg, 5~6월 2,500원/kg, 7~8월 1,400원/kg
- 2019년

처리	수확시기	수량		상품과		소득 (천원)*
		수량(kg)	비율(%)	갯수	비율(%)	
PO M 필름	3~4월	26.0	23	65.3	22	109
	5~6월	45.1	39	116.7	39	113
	7~8월	44.0	38	116.7	39	62
	총수량	115.2	-	298.7	-	284
PO H 필름	3~4월	24.9	19	65.0	19	105
	5~6월	60	45	142.7	42	197
	7~8월	47.9	36	133.0	39	684
	총수량	132.8	-	340.7	-	396
시중 PO필름	3~4월	31.4	20	82.7	19	131
	5~6월	78.6	49	196.7	42	197
	7~8월	48.9	31	154.7	39	68
	총수량	158.9	-	434.0	-	397

<표 55> 외피복재 종류별 참외 수량 및 소득 분포

과실의 개체중(표 4)은 전체적으로 350~545g으로 나타났는데 과실 개체중이 가벼워지는 7~8월 사이의 하절기에서는 PO H필름과 시중 PO필름 처리에서 각 400g과 414g으로 개체중이 높은 것으로 나타났다.

3~4월 수확초기의 과육두께는(표 4) PO H필름에서 19.1mm, 8월의 하절기에서 PO M필름과 시중품 PO필름에서 각각 21.0, 20.9mm로 나타나 3~4월 수확초기의 수확초기의 참외 가식부위인 과육의 품질은 PO H필름 처리시 가장 나은 것으로 생각된다.

과육의 당도에 있어서는 3~4월 수확초기에서는 PO H필름처리에서 14.4° Brix로 가장 높았으며 7~8월 하절기에는 시중품 PO필름에서 11.8° Brix로 가장 높게 나타났는데 과육의 두께와 과육 당도가 우수한 점을 고려해볼 때 PO H필름 처리가 봄 철 수확에서 우수한 품질을 생산할 수 있는 것으로 생각된다.

처리	수확시기	과중(g)	과육두께(mm)	과장	과폭	당도(° Brix)	
				cm		과육	태좌
PO M필름	3~4월	349.7	18.7	10.2	8.1	13.9	18.3
	5~6월	423.0	20.6	11.1	8.7	12.1	17.0
	7~8월	358.9	21.0	11.6	7.8	10.2	13.1
	평균	377.2	20.1	11.0	8.2	12.0	16.2
PO H필름	3~4월	363.2	19.1	10.3	8.3	14.4	17.8
	5~6월	545.6	23.3	11.9	9.3	11.5	17.0
	7~8월	400.2	18.6	12.0	8.1	9.9	13.0
	평균	436.3	20.3	11.4	8.5	11.9	15.9
시중 PO필름	3~4월	344.1	17.7	10.1	8.0	13.9	18.5
	5~6월	430.7	21.1	11.0	8.6	12.8	17.4
	7~8월	413.8	20.9	11.6	8.3	11.8	14.9
	평균	396.2	19.9	10.9	8.3	12.8	16.9

<표 56> 처리별 참외 과실 특성(2018년)

과육의 경도는(표 5) 전반적으로 3~4월과 7~8월 수확 과실에 비해서 5~6월 수확 과실이 높은 경향을 나타내었으나 필름종류별로 과육경도의 뚜렷한 차이는 인정되기 어려웠다.

색도에 있어서도 밝기 값인 L값도 필름 처리 종류에 따라서 뚜렷한 차이를 인정하기 어려웠다.

처리	수확시기	과육경도 (g/9mm)	색도		
			L	a	b
PO M필름	3~4월	2,063.4	69.6	16.3	72.0
	5~6월	2,165.2	71.0	14.1	72.9
	7~8월	1,871.6	78.2	11.8	65.6
	평균	2,033.4	72.9	14.1	70.2
PO H필름	3~4월	2,073.6	69.3	16.6	71.1
	5~6월	2,109.5	70.9	14.4	72.2
	7~8월	1,681.1	77.7	12.9	71.0
	평균	1,954.7	72.6	14.6	71.4
시중 PO필름	3~4월	2,109.7	68.9	16.2	71.4
	5~6월	2,140.4	69.8	16.8	73.6
	7~8월	1,786.0	74.8	13.7	71.5
	평균	2,012.0	71.1	15.5	72.1

<표 57> 처리별 참외 품질 특성(2018년)

라. 외피복필름 종류별 시설환경 특성

필름종류별 시설내 산란 광량(표 6)은 1월말 동절기에서는 PO M필름에서 가장 높았으며 PO H필름과 시중 PO필름은 비슷한 경향이었는데 3월말의 조사결과에서도 유사한 경향이 나타났다.

총 유효광량(표 7)은 1월말 동절기에서는 PO H필름과 시중 PO필름이 비슷한 수치였고 PO M필름은 이보다 낮은 수치가 나타났다.

총광량 대비 산란광 비율(표 8)은 PO M필름에서 가장 높았고 PO H필름과 시중 PO필름은 비슷한 경향을 나타내었다.

조사일(월/일)	PO M 필름	PO H 필름	시중PO필름	외부
1/23	386.3±1.5	313.0±5.4	315.8±0.5	284.7±5.7
3/26	526.1±1.2	473.7±4.0	479.6±4.2	484.0±1.3

<표 58> 1일 산란광량($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

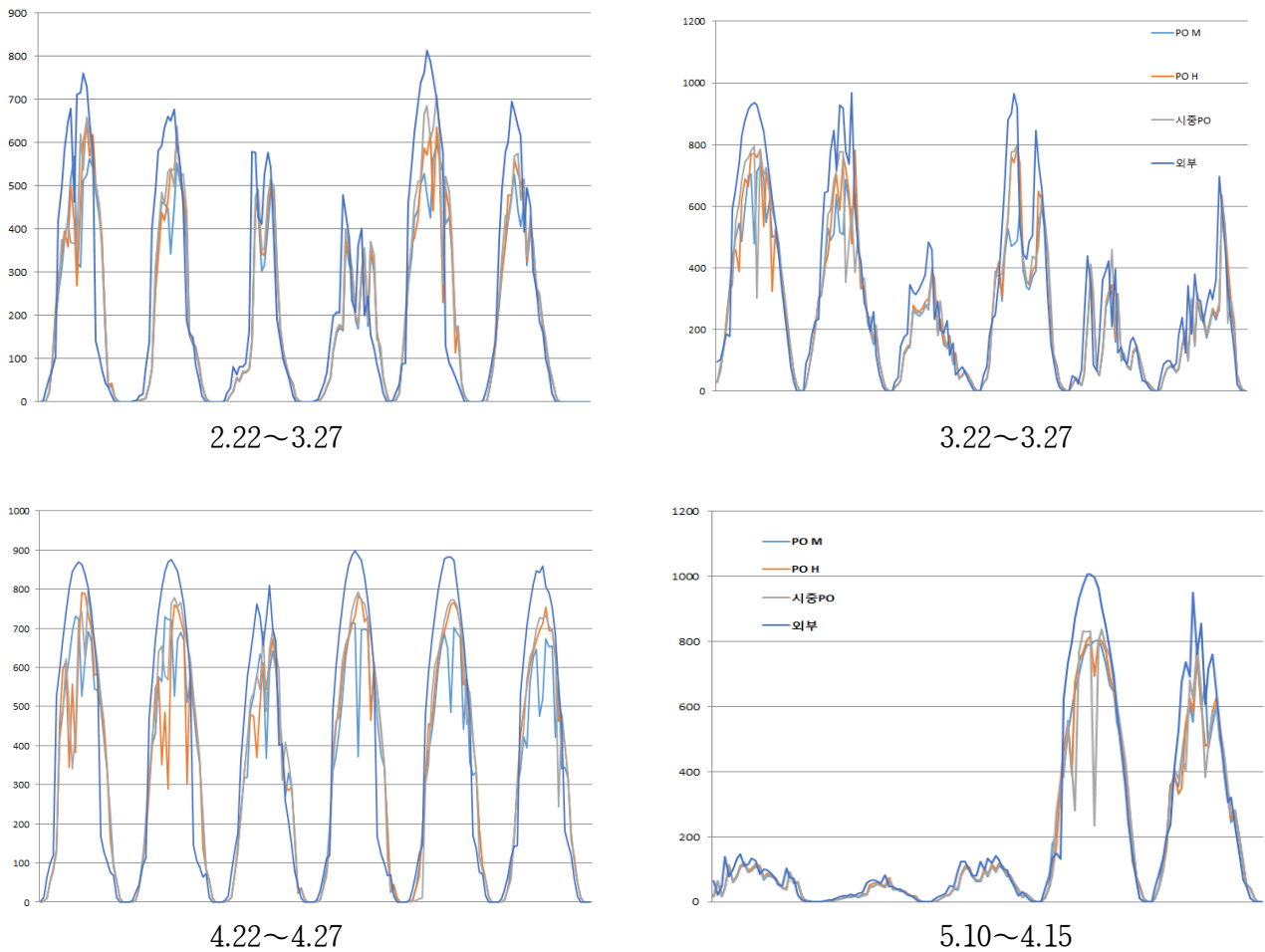
조사일(월/일)	PO M 필름	PO H 필름	시중 PO필름	외부
1/23	746.1±2.4	888.7±9.8	917.4±10.6	1108.8±11.2
3/26	1,181.6±11.3	1,257.1±17.8	1,302.6±24.4	1,575.2±6.9

<표 59> 1일 총유효광량($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

조사일(월/일)	PO M 필름	PO H 필름	시중 PO필름	외부
1/23	0.52	0.35	0.34	0.26
3/26	0.45	0.38	0.37	0.31

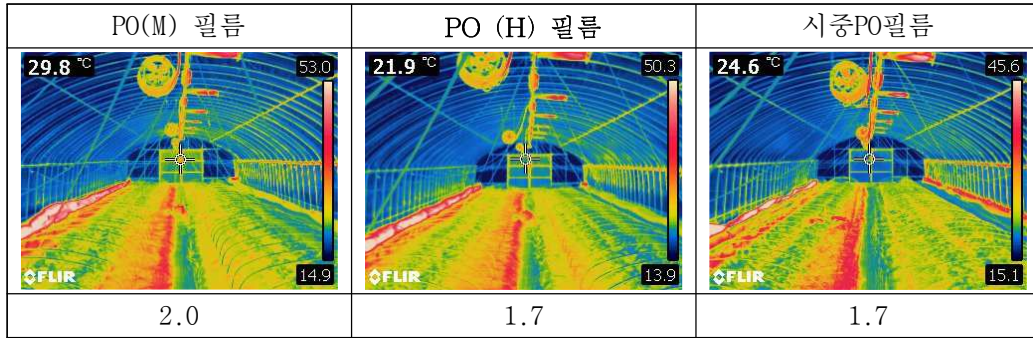
<표 60> 충유효광량 대비 산란광 비율

동절기와 하절기 초입에 걸친 참외재배 터널내부의 온도를 조사한 결과(그림 1), 2월말의 동절기 터널내부 온도는 PO H필름에서 가장 높았으며 5월중의 하절기 초입에서는 시중 PO필름이 가장 높았고 다음으로 PO H, PO M필름으로 나타났다.



<그림 127> 외피복재 종류별 하우스 터널내 온도

참외재배 시설내 열화상이미지를 조사한 결과(그림 2), 외산제품인 시중PO필름과 큰 차이를 나타내지 않아 시제품필름으로 충분히 참외재배가 가능하였다.



<그림 128> 외피복재 종류별 하우스 터널내 열화상이미지(2019. 1. 24.)

동절기와 춘절기에 시설재배에서 중요한 요인인 필름의 이슬맺힘 현상(무적성)을 조사한 결과 외산제품인 시중PO필름과 유사한 성능을 나타내는 것은 HI4필름으로 비슷한 성능을 내어 농가에서 충분히 사용가능한 수준의 무적성을 보였다.

표 9. 필름종류별 무적성(이슬량 g/10cm², 2019.1.)

조사일	MV 필름	HI4 필름	시중PO필름
01월 06일	1.5	1.1	1.0
01월 30일	2.0	1.7	1.7

* 조사시간 : 오전 9:00~ 9:30분 사이

<표 61> 필름종류별 무적성(이슬량 g/10cm², 2019.1.)

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

광전환 효율을 증진한 장기성 PO코팅필름을 이용하여 대표적인 동절기 작물인 참외작물의 실증재배를 통하여 장기성 코팅필름 적용 재배 실증을 실시하여 복합 기능성 하이브리드형 장기성 코팅필름의 현장 활용효과를 검증하는 것이 필요

3-2. 목표 달성여부

구분 (연도)	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과	달성도
1차 년도 (2017)	1. 하절기 냉방 기능을 가진 장기성 코팅필름의 개발	Pilot Extruder를 통하여 하절기 냉방 효과적인 적외선 차단 소재 선정을 위한 압출 테스트 시행	<ul style="list-style-type: none"> 적외선 차단을 통한 차열기능 소재 선정 및 Recipe 개발 소폭 실험 샘플 및 광폭 제품 샘플의 광투과율 분석 결과 근적외선 차단성능 확인 	100
		자사 영업망을 통해 기능성 PO 필름의 시제품	<ul style="list-style-type: none"> 적외선 차폐로 인한 동절기(11월~이듬해5월) 	100

		<p>샘플 출고하여 현장에 피복</p> <p>소형 시험하우스에 기존 제품 및 개발중인 하이브리드 형 PO 필름 피복</p>	<p>생육 문제점 발생 여부 모니터링 예정</p> <ul style="list-style-type: none"> • 적외선 차폐를 통한 하절기 (여름철) 내부 온도 상승 억제 효과 모니터링 예정 	
2. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발	내황성(내화학적) UV 안정제 적용 압출 및 소재 선정 실험		<ul style="list-style-type: none"> • 촉진내후성시험장치를 통한 UV-안정성 검증 진행 	100
	내황성(내화학적)UV 안정제 적용 제품 Field 평가용 시제품 제작		2차년도 Field 평가를 통한 소재 선정 및 Recipe 개발 예정	100
3. 동절기 보온기능을 극대화 시킨 장기성 코팅필름 개발	하절기 근적외선 차단 기능성 소재 적용으로 인한 동절기 열손실 보완하는 보온재 첨가한 시제품 생산하여 소형 시험하우스에 기존 제품과 같이 피복하여 보온 소재별 성능 평가 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 적외선 파장 (1250~750cm⁻¹)의 차폐율 점검 및 시험하우스 설치 • 동절기 (11월~ 4월) 시험하우스 내부 온도 모니터링 하여 보온효과 평가 진행 예정 		100
4. 적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 적색광 전환 기능성 소재의 Film 내 첨가 / 코팅형 적용 	<ul style="list-style-type: none"> • 첨가형, 코팅형 적용 필름 샘플의 광전환 효율 비교 평가 		100
5. 내스크러치성이 우수한 Hard Coating Type 장기성 코팅필름 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 2년차 위탁과제로 수행 예정 	- 해당 없음		100
2차년도 (2018)	1. 하절기 냉방 기능을 가진 장기성 코팅필름의 개발	Pilot or Co-Extruder를 통하여 하절기 냉방 효과적인 적외선 차단 소재 선정을 위한 압출 테스트 시행	<ul style="list-style-type: none"> - 근적외선 차폐 소재별, 함량별 압출평가 시행 - 투명형, 산란광형 두가지 Type의 Recipe 선정 완료 - Pilot Scale, 양산Scale 압출 성형 - 시험용 소형하우스, 성주참외과채류연구소, 함안시설원예연구소 및 경북, 충청 지역 Field 피복 (10/22 양산) 	100
		<p>자사 영업망을 통해 기능성 PO 필름의 시제품 샘플 출고하여 현장에 피복</p> <p>소형 시험하우스에 기존 제품 및 개발중인 하이브리드 형 PO 필름 피복</p>		
	2. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발	내황성(내화학적) UV 안정제 적용 제품 황처리 내후성 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 내황성 안정UV제 소재별 촉진내후성 평가 완료 - 시험용 소형하우스 황혼증 평가 완료 	100

		내화성(내화학적)UV 안정제 적용 제품 Field 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 내화학성이 향상된 UV 안정제 선정완료 - 시험용 소형하우스, 성주참외과채류연구소, 함안시설원예연구소 및 경북, 충청 지역 Field 피복 (10/22 양산) 	
3. 동절기 보온기능을 극대화 시킨 장기성 코팅필름 개발		하절기 근적외선 차단 기능성 소재 적용으로 인한동절기 열손실 보완하는 보온재 첨가한 시제품 생산하여 소형 시험하우스에 기존 제품과 같이 피복하여 보온 소재별 성능 평가 시험	<ul style="list-style-type: none"> - 유,무기 보온소재 평가 및 분석 완료 - 원적외선 차폐효율을 향상시킨 소재 선정 및 Recipe 선정 - 시험용 소형하우스, 성주참외과채류연구소, 함안시설원예연구소 및 경북, 충청 지역 Field 피복 (10/22 양산) 	100
4. 적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발		적색광 전환 기능성 소재의 Film 내 첨가 / 코팅형 적용	<ul style="list-style-type: none"> - Blue, Red, 형광 Type 별, 함량별 광전환 효과 평가 및 분석 - 첨가형, 코팅형 적용 필름 샘플의 광전환 효율 비교 평가 	100
5. 내스크러치성이 우수한 Hard Coating Type 장기성 코팅필름 개발 (위탁)		<p>접착력 향상위한 접착수지, 실란등을 이용한 접착강화 실험진행 코팅액 제조공정 조합을 통한 최적 배합비 검토</p> <p>원재료 검토시 원료간 상용성 파악우선 코팅액 제조공정 검토 및 안정화 기술 확보 (혼합시간, 투입순서에 따른 Haze검토)</p> <p>유적성과 표면강도를 만족하는 배합비 확보 실란에 따른 표면 강도 및 접착력 파악</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 실란 투입량에 따른 변화 확인. - 실란에스테르류를 이용한 실험 (투입량 2~2.5%) 에서 적용가능한 조성 확인 	100
6. 열차단 필름의 광학적 특성 분석 및 작물 실증 실험		시설환경 조사	동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 환경조사 변화 조사	100

3차 년도 (2019)		상추,토마토 생육 및 수량 품질특성 조사	외피복 필름종류별 수량 및 품질 특성 조사	100
	7. 광전환 효율 증진 장기 성 코팅필름 적용 재배 실증	참외 시설환경 조사	동하절기 시설환경내 외 피복 필름종류별 온습도 변화 조사	100
		참외 생육 및 수량품질 특성 조사	외피복 필름종류별 참 외 수량 및 품질 특성 조사	100
	1. 하절기 냉방 기능을 가 진 장기성 코팅필름의 개 발	양산형 모델 판매 개시	- 시험용 소형하우스, 성 주참외과채류연구소, 함 안시설원예연구소 - 투명형, 산란광형 두가 지 Type의 양산 판매 - UAE 한국형 스마트팜 개발사업과 연계하여 사 막형 온실 피복재 실증 시험 (2020년 실시)	100
	2. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발	내황성(내화학적) UV 안정제 적용 제품 황처리 내후성 평가	- 황혼증에 의한 내황성 안정UV제 소재별 촉진 내후성 평가 완료 완료 - 시험용 소형하우스, 함 안시설원예연구소	100
		내황성(내화학적)UV 안정제 적용 양산제품 판매 개시	- 내황성 UV 적용 1차 양산 완료	
3. 적색광 전환 기능으로 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발	광전환소재 내후성 향상 방안 검토	- Blue, Red, 형광 Type 별, UV안정제 처방 내 후성 효과 평가 및 분 석 - Blue, Red, 형광 Type 함량별, UV안정제 처방 내후성 효과 평가 및 분 석	100	
4. 내스크러치성이 우수한 Hard Coating Type 장기 성 코팅필름 개발 (위탁)	코팅액 및 개질원단 제 조를 통한 스크러치성, 유적성, 보관 안정성 검 토	- 코팅필름의 물성(내스크 러치성) 향상 - 코팅액의 친수성 향상 검증 (필름표면 접촉각 측정, 고온 유적경시) 검증 - 코팅액 장기 보관 안정	100	

		성향상	
5. 열차단 필름의 광학적 특성 분석 및 작물 실증 실험	시설환경 광특성, 온습도 조사	동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 환경조사 변화 조사	100
	상추, 오이, 토마토, 멜론 생육 및 수량품질특성 조사	외피복 필름종류별 수량 및 품질 특성 조사	100
6. 광전환 효율 증진 장기성 코팅필름 적용 재배 실증	참외 시설환경 조사	동하절기 시설환경내 외피복 필름종류별 온습도 변화 조사	100
	참외 생육 및 수량품질 특성 조사	외피복 필름종류별 참외 수량 및 품질 특성 조사	100

3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

4. 연구결과의 활용 계획 등

○ 활용계획

- 농촌진흥청, 도농업기술원 등과 연계한 필드 테스트 및 현장 검증사업 완료 후 대농민 홍보, 정책 제안 및 현장보급
- 돈사, 우사, 양계장 등 축사 열차단 피복재 개발
- 인삼 재배시설 열차단 및 광전환 효율 증진 피복재 개발 등
- 내농약성, 내스크러치성, 적색광 전환 기능을 보유한 복합기능성 PO 필름 개발
- 일본산(70% 점유)을 대체하는 고품질/저가형 장기성 PO(Polyolefine) 코팅필름 개발냉방 및 보온 효율이 개선된 PO 필름 개발 및 기술경쟁력 확보
- 국내산 PO 필름에 대한 안정적 영업망 구축과 장기성 PO 필름의 국내제품 점유율 확대
- 중국 자회사 기술 이전 또는 직접 수출을 통한 중국시장 개척
- 사막형 스마트팜 온실 적용실증 시험을 통한 중동지역 시장 개척
- 장기성 PO필름의 품질 규격화를 위한 평가 방법 및 규격 제안

붙임. 참고문헌

1. Bahattacharjee. B., D. Ganguli, S. Chaudhuri, and A.K. Pal. 2002. *J. Thin Solid Films* 422: 987.
2. Chun, H., Y. J. Choi, Y. H. Choi, H. J. Kim, S. Y. Lee, D. S. Jeong, Y. S. Shin, and C. D. Choi. 2007. Microclimate of greenhouses covered with functional film. *J. of Bio-Environment Control*. 16(2):96-100.
3. David L. Nelson and Michael M. Cox. 2000. *Principles of biochemistry*. Worth. pp695.
4. Guixia Liu, Guangyan Hong, *J. Solid Chemistry* 178(2005) 1647-1651-103.
5. Jin Mu, Danying Gu, Zhizhen Xu, *J. Materials Research Bulletin* 40(2005) 2198-2204
6. Hua-Jun Feng, Yuan Chen, Fang-Qiong Tang, and Jun Ren, 2006. *J. Materials Letters* 60:737-740.
7. Kwon J. K., K.S. Park, H. G. Choi, S.Y. Lee, K. Bekhzod, M.R. Hwang, and N.J. Kang. 2013. Growth and developmental characteristics of lettuce, tomato, and melon grown under spectrum conversion greenhouse films. *J. of Agriculture & Life*
8. Pingle Zhou, Xibin Yu, Liangzhun Yang, Shiping Yang, and Wenjie Gao. 2007. *J. Luminescence* 124:241-244.
9. Shigeo Shionoya, William M. Yen, 1998. *Phosphor handbook*, CRP Press.
10. Shin S.H., J.H. Kang, D.Y. Jeon and D. S. Zang, *J. Luminescence* 114(2005) 275-280.
11. Sakuma S., H. Kominami, Y. Neo, T. Aoki, T. Nakanishi, and H. Mimura, 2005. *J. Applied Surface Science* 244:458-460.

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 냉방, 보온 효율이 증진된 시설원예용 하이브리드형 장기성 PO필름 개발 및 사업화 (영문) Development and commercialization for hybrid type long-term use greenhouse coated film with advanced performance to resist overheat				
주관연구기관	일신화학공업(주)		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 기술연구소	
참 여 기 업	일신화학공업(주)			(성명) 박 광 역	
총연구개발비 (1,032,000 천원)	계	1,032,000	총 연 구 기 간	2017. 8. ~ 2019. 12.(2년5월)	
	정부출연 연구개발비	618,000	총 연 구 원 수	총 인 원	25명
	기업부담금	414,000		내부인원	25명
	연구기관부담금	-		외부인원	-

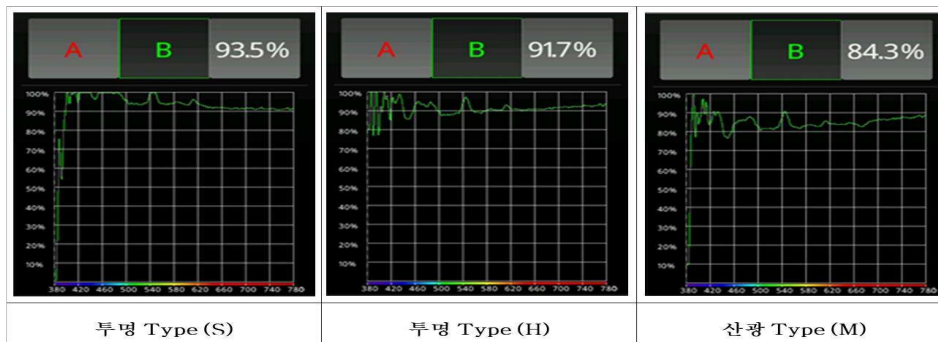
○ 연구개발 목표 및 성과

농작물의 주년재배가 가능하도록 하절기 냉방(시설내 온도 2~3도 하락), 동절기 지구복사열 방출 억제 등을 통한 보온효과, 적색광 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형 장기성 코팅필름을 개발하고 이를 사업화하여 농가보급 및 해외수출을 확대하고자함

○ 연구내용 및 결과

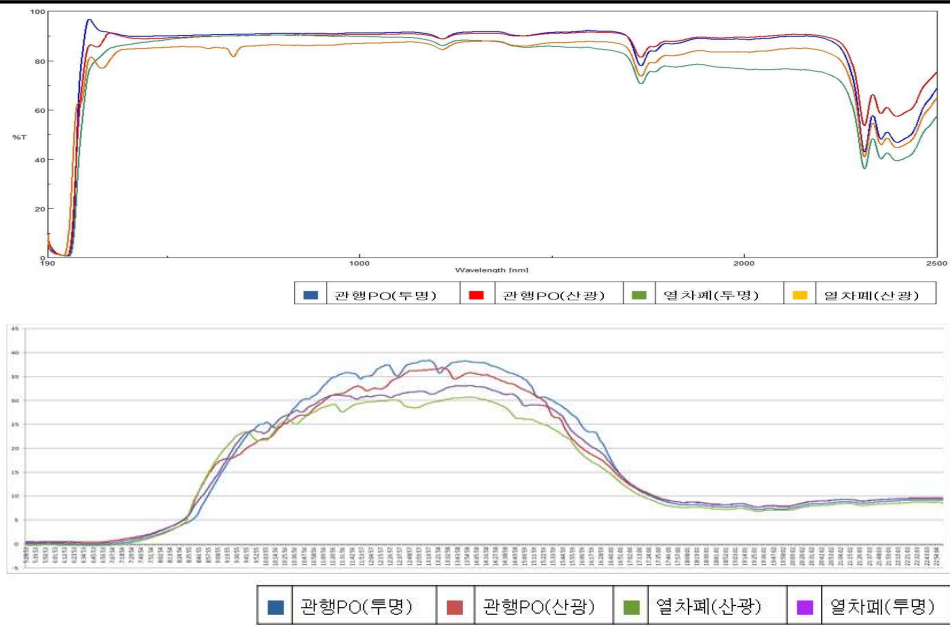
1. 냉방효율 기능을 가진 장기성 코팅필름 개발

- 가시광선 영역대를 간섭하지 않고 열선(근적외선)의 일부분을 차단



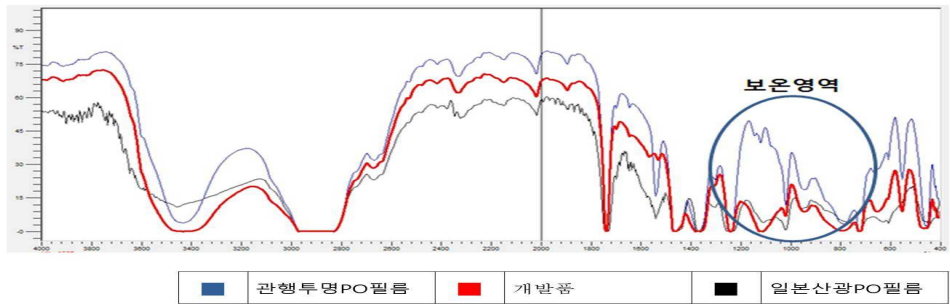
Film Thickness : 0.15mm

- 간절기, 하절기 시설하우스 내의 온도상승을 억제



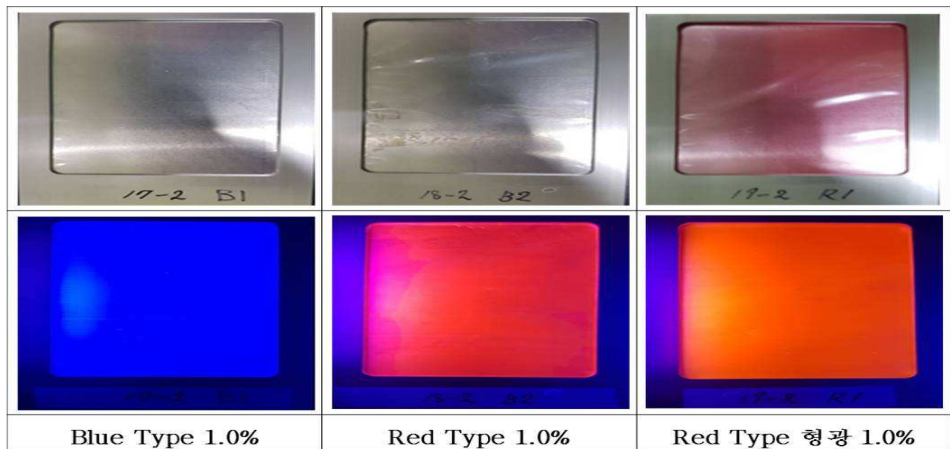
2. 동절기 보온 기능을 극대화 시킨 장기성 코팅필름 개발

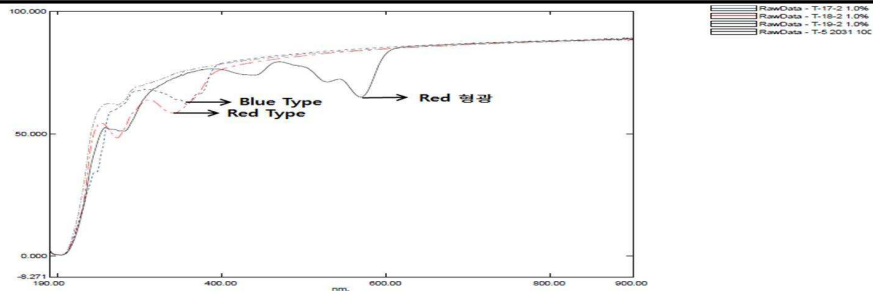
- 동절기 시설하우스 내부에서 발생하는 지구복사열의 방출을 억제



3. 적색광으로의 광전환 효율을 향상시킨 장기성 코팅필름 개발

- 작물의 광합성 활동 증진을 위한 적색광으로의 광전환









- ✓ Blue Type : ~ 260nm, 330~380nm 흡수
- ✓ Red Type : 300~380nm 흡수
- ✓ Red 영광 : 330~380nm, 400~450nm, 500~600nm 흡수

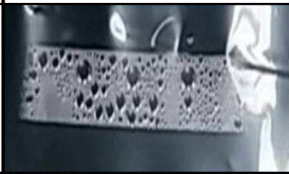





4. 내농약성(내화학적)이 강화된 장기성 코팅필름 개발

- 시설하우스 내의 황훈증, 소독 등에 의한 폴리머의 산화 연쇄반응을 단절

		
Test No : UV안정제 1 Sulfar 검출량 : 0.08wt% 상태 : 산화	Test No : UV안정제 2 Sulfar 검출량 : 0.07wt% 상태 : 산화	Test No : 내황성 UV안정제 1 Sulfar 검출량 : 0.09wt% 상태 : 양호
		
Test No : 내황성 UV안정제 2 Sulfar 검출량 : 0.08wt% 상태 : 산화	Test No : 내황성 UV안정제 3 +AO Sulfar 검출량 : 0.08wt% 상태 : 양호	Test No : 내황성 UV안정제 3 + AO Sulfar 검출량 : 0.09wt% 상태 : 양호

5. 내스크러치성이 우수한 Hard Coating Type 장기성 코팅필름 개발

- 시설하우스 피복 시, 파이프에 긁혀서 발생하는 스크러치에 의한 코팅막 박피현상 억제

	에폭시	아크릴	에스테르
2.0% (1.0%)			
2.5% (1.5%)			

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 농촌진흥청, 도농업기술원 등과 연계한 필드 테스트 및 현장 검증사업 완료 후 대농민 홍보, 정책 제안 및 현장보급
- 돈사, 우사, 양계장 등 축사 열차단 피복재 개발
- 인삼 재배시설 열차단 및 광전환 효율 증진 피복재 개발 등
- 내농약성, 내스크러치성, 적색광 전환 등 각각의 개별기능을 보유한 기능성 PO 필름 판매
- 일본산(70% 점유)을 대체하는 고품질/저가형 장기성 PO(Polyolefine) 코팅필름 개발냉방 및 보온 효율이 개선된 PO 필름 개발 및 기술경쟁력 확보
- 국내산 PO 필름에 대한 안정적 영업망 구축과 장기성 PO 필름의 국내제품 점유율 확대
- 중국 자회사 기술 이전 또는 직접 수출을 통한 중국시장 개척
- 사막형 스마트팜 온실 적용실증 시험을 통한 중동지역 시장 개척
- 장기성 PO필름의 품질 규격화를 위한 평가 방법 및 규격 제안

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	817035-3		
사업구분	기술사업화지원사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	기술사업화지원사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	냉방, 보온 효율이 증진된 시설원예용 하이브리드형 장기성 PO코팅필름 개발 및 사업화			과제유형	(개발)
연구기관	2017. 8. 30 ~ 019. 12 .31.			연구책임자	박 광 억
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2017. 8. 30 ~ 2017. 12 .31.	110,000	74,000	184,000
	2차연도	2018. 1. 1 ~ 2018. 12 .31.	254,000	170,000	424,000
	3차연도	2019. 1. 1 ~ 2019. 12 .31.	254,000	170,000	424,000
	4차연도	-	-	-	-
	5차연도	-	-	-	-
	계		618,000	414,000	1,032,000
참여기업	일신화학공업(주)				
상대국	-	상대국연구기관	-		

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2019. 12. 26.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
일신화학공업(주)	연구소장	박 광 억

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

당 연구는 지구온난화의 영향으로 우리나라 시설농가에서도 고온화로 인한 피해가 증가하고 있는 실정에서 농작물의 주년재배가 가능하도록 하절기 냉방(시설내 온도 2~3도 하락), 동절기 지구복사열 방출 억제를 통한 보온효과, 적색광 광전환 효율을 증진시킨 하이브리드형 장기성 PO코팅필름을 개발하였고 이를 사업화하여 농가보급 보급하였으며 UAE 한국형 스마트팜 개발사업에 참여하여 중동지역의 온실피복재 수출을 도모하였음

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

당 연구개발의 결과로 온실의 내부 온도가 급격히 상승하는 3~5월에 작물의 고사를 방지할 수 있으며 4월 이후 지속적이고 안정정적으로 작물 수확이 가능함을 확인

당 연구개발의 결과를 응용하여 한-UAE 농업 R&D 스마트온실 사업(농림부-농진청 공동)에 근적외선 차폐필름을 공급함

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

당 연구에서 개발 된 기술들(근적외선 차폐 기술, 원적외선 차폐, 내농약성 향상 기술, 적색광 광전환 기술, 친수성 코팅의 내스크러치 향상 기술)은 하나의 필름에 복합적으로 적용 가능하며 또한, 각각의 개별 기술을 활용하여 다양한 기능성 피복재에 적용 가능함

- 각 지역 혹은 작물의 생육에 맞는 기능을 적용하여 제작 가능함

(강원도 지역 : 생장억제형 피복재, 경남,북 지역 : 축성재배형 피복재 등)

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구결과물의 농가보급 실증을 위하여 국립원예특작과학원 시설원예연구소와 성주참외과채류 연구소를 통하여 작물재배 실증을 진행하였고 목표했던 세부과제를 성실하게 수행하였음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 지적소유권 : 특허 출원 : 3 건, 특허 등록(디자인) : 1건
 - 출원번호 10-2017-0168136 '광전환 농업용 필름 및 그 제조방법'
 - 출원번호 10-2019-0172390 '냉방 및 보온 효율이 증진된 시설원예용 하이브리드형 장기성 코팅필름'
 - 출원번호 30-2018-0021043 '조립온실'
 - 등록 번호 : 3009872550000 '조립온실'
- 논문 1건, 학술 발표 2건
 - 2018, Comparing Photosynthesis, Growth, and Yield of Paprika (*Capsicum annuum* L. 'Cupra') under Supplemental Sulfur Plasma and High-Pressure Sodium Lamps in Growth Chambers and Greenhouses, 박경섭, 한국, 시설원예, 식물공장, 332-340, ISSN 2288-0992, BIS CI
 - 2018, '박과채소 스마트 온실 연구방안', 박경섭, 박과채소연구회, 스마트팜 현황 및 발전 방향
 - 2018, '참외재배시 장기성 폴리올레핀 외피복필름 효과', 류영현, 한국생물환경조절학회, 한국생물환경조절학회 추계학술대회
- 홍보 1건
 - 2019 EURASIA Glowtech(터키 안탈라), 2019, 11, 26 ~ 2019. 11.30
- 정책활용 1건
 - '사막형 스마트팜 작업반' 외피복재 적용 검토, 농림부&농진청 공동과제 2019
- 고용창출 1건
 - 김정환, 2018. 1. 3. 입사

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
근적외선 차폐를 통한 하절기의 하우스 내부 온도 저하	40	100	ATO, WO3 등의 소재 등을 통하여 태양으로부터 시설온실 내부로 도달하는 복사열을 차단하여 시설온실 내부의 온도상승을 억제시키는 필름 개발
원적외선 차폐를 통한 동절기 하우스 내부 복사에너지 방출을 억제	10	100	무기소재를 이용하여 동절기 하우스 내부에서 외부로 방출되는 원적외선을 차단하여 하우스 내부의 온도 저하를 억제시키는 필름 개발
적색광 광전환으로 광전환 효율을 높인 PO필름 개발	10	100	유기형광염료를 적용하여 자외선, 녹색광 영역을 청색, 적색으로 광전환시켜 작물의 광합성 작용을 증진시키는 필름 개발
내농약성이 강화된 PO코팅필름 개발	10	100	내화학성이 우수한 UV안정제 적용을 통하여 황혼증 등의 농약사용에 적절한 내구성을 가지는 필름 개발
내스크러치성이 강화된 Hard type 코팅액 개발	30	100	친수성 무기소재와 바인더를 이용해서 내스크러치성이 강화된 코팅액 제조
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구는 점점 아열대 기후로 변화되고 있는 우리나라의 기상변화에 따라 농작물의 주년재배가 요구되는 실정에서 냉방, 보온, 광전환 효율 등 각 개발의 설정된 목표에 적합하게 실험과 개발이 진행되었고 최종 결과물의 국내 양산화 및 사막형 기후의 중동지역 수출도 모색하였다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

특이 사항 없음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

1. 활용계획

- 농촌진흥청, 도농업기술원 등과 연계한 필드 테스트 및 현장 검증사업 완료 후 대농민 홍보, 정책 제안 및 현장보급
- 돈사, 우사, 양계장 등 축사 열차단 피복재 개발
- 인삼 재배시설 열차단 및 광전환 효율 증진 피복재 개발 등
- 내농약성, 내스크러치성, 적색광 전환 기능을 보유한 복합기능성 PO 필름 개발

2. 기대효과

- 일본산(70% 점유)을 대체하는 고품질/저가형 장기성 PO(Polyolefine) 코팅필름 개발냉방 및 보온 효율이 개선된 PO 필름 개발 및 기술경쟁력 확보
- 국내산 PO 필름에 대한 안정적 영업망 구축과 장기성 PO 필름의 국내제품 점유율 확대
- 중국 자회사 기술 이전 또는 직접 수출을 통한 중국시장 개척
- 사막형 스마트팜 온실 적용실증 시험을 통한 중동지역 시장 개척
- 장기성 PO필름의 품질 규격화를 위한 평가 방법 및 규격 제안

IV. 보안성 검토

해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구기관 자체의 검토결과

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야		
연구과제명	냉방, 보온 효율이 증진된 시설원예용 하이브리드형 장기성 PO필름 개발 및 사업화			
주관연구기관	일신화학공업(주)	주관연구책임자	박 광 역	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	618,000,000	414,000,000	(414,000,000)	1,032,000,000
연구개발기간	2017. 8. 30 ~ 2019. 12. 31.			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 근적외선 차폐를 통한 하절기의 하우스 내부 온도 저하	ATO, WO3 등의 소재 등을 통하여 태양으로부터 시설온실 내부로 도달하는 복사열을 차단하여 시설 온실 내부의 온도상승을 억제시키는 필름 개발
② 원적외선 차폐를 통한 동절기 하우스 내부 복사에너지 방출을 억제	무기소재를 이용하여 동절기 하우스 내부에서 외부로 방출되는 원적외선을 차단하여 하우스 내부의 온도 저하를 억제시키는 필름 개발
③ 적색광 광전환으로 광전환 효율을 높인 PO필름 개발	유기형광염료를 적용하여 자외선, 녹색광 영역을 청색, 적색으로 광전환시켜 작물의 광합성 작용을 증진시키는 필름 개발
④ 농약성이 강화된 PO코팅필름 개발	내화학성이 우수한 UV안정제 적용을 통하여 황혼증 등의 농약사용에 적합한 내구성을 가지는 필름 개발
⑤ 내스크러치성이 강화된 Hard type 코팅액 개발	친수성 무기소재와 바인더를 이용해서 내스크러치성이 강화된 코팅액 제조

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	5	10		10		10	30		10		5			5	5		5	5		
최종목표	2	1		1		1	400		1		1	1		2	1		1	1	-	
연구기간내 달성실적	3	1		0		2	534		1		0	1		2	0		1	1	1	
달성율(%)	100	100		0		100	100		100		0	100		100	0		100	100	100	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	ATO, WO3 등의 소재 등을 통하여 태양으로부터 시설온실 내부로 도달하는 복사열을 차단하여 시설온실 내부의 온도상승을 억제시키는 필름 개발
②	무기소재를 이용하여 동절기 하우스 내부에서 외부로 방출되는 원적외선을 차단하여 하우스 내부의 온도 저하를 억제시키는 필름 개발
③	유기형광염료를 적용하여 자외선, 녹색광 영역을 청색, 적색으로 광전환 시켜 작물의 광합성 작용을 증진시키는 필름 개발
④	내화화성이 우수한 UV안정제 적용을 통하여 황훈증 등의 농약사용에 적정한 내구성을 가지는 필름 개발
⑤	친수성 무기소재와 바인더를 이용해서 내스크러치성이 강화 된 코팅액 제조

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복	외국기술 제	외국기술 소화·흡수	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해	정책 자료	기타
①의 기술	v	v				v	v		v	
②의 기술						v	v			
③의 기술						v	v			
④의 기술					v	v	v			
⑤의 기술		v				v	v			

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 농촌진흥청, 도농업기술원 등과 연계한 필드 테스트 및 현장 검증사업 완료 후 대농민 홍보, 정책 제안 및 현장보급 • 돈사, 우사, 양계장 등 축사 열차단 피복재 개발 • 인삼 재배시설 열차단 및 광전환 효율 증진 피복재 개발 • 사막형 중동기후에 적합한 온실 적용 실증 및 중동시장 수출
②의 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 동절기 및 한랭지역(몽골 등)에 적합한 피복재 개발
③의 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 엽채류, 과채류의 생육초기 광합성 증진효과를 기대할 수 있는 피복재 개발
④의 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 내화학성이 우수한 UV안정제 적용을 통하여 황혼증 등의 농약사용에 적정한 내구성을 가지는 필름 개발
⑤의 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 친수성 무기소재와 바인더를 이용해서 내스크러치성이 강화 된 코팅액 제조 • 일본산(70% 점유)을 대체하는 고품질/저가형 장기성 PO(Polyolefine) 코팅필름 개발내방 및 보온 효율이 개선된 PO 필름 개발 및 기술경쟁력 확보 • 중국 자회사 기술 이전 또는 직접 수출을 통한 중국시장 개척

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치																			
최종목표		1		1		1	400		1		1	1		2	1		1	1	
연구기간내 달성실적	2	1		0		2	534		1		0	1		2	0		1	1	1
연구종료 후 성과창출 계획		1		1		1	600		0		1	0		0	0		0	1	0

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	ATO, WO3 등의 소재 등을 통하여 태양으로부터 시설온실 내부로 도달하는 복사열을 차단하여 시설온실 내부의 온도상승을 억제시키는 필름 개발		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	-천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	3개월	실용화예상시기 ³⁾	2020. 9.
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	해당사항 없음		

핵심기술명 ¹⁾	내화학성이 우수한 UV안정제 적용을 통하여 황훈증 등의 농약사용에 적합한 내구성을 가지는 필름 개발		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	-천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	3개월	실용화예상시기 ³⁾	2020. 9.
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	해당사항 없음		

핵심기술명 ¹⁾	친수성 무기소재와 바인더를 이용해서 내스크러치성이 강화 된 코팅액 제조		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	-천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	3개월	실용화예상시기 ³⁾	2020. 9.
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	해당사항 없음		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
 통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

<첨부1>

평가의견에 대한 조치 및 개인정보 삭제 확인서

평가의견에 대한 조치

평가의견	조치내용	비고
<p>○ 본 과제는 기업의 자체 상품화 역량을 가화하기 위한 과제로 기업 자체의 사업화를 통해 실용화가 추진되었음. 상용화를 위한 추가적인 조치는 불필요함</p>	<p>○ 향후 지속적인 사업성과를 달성하겠음 (최종 보고서 18쪽에 제시함)</p>	
<p>○ 기존 일본 제품 보다도 객관적인 우수성을 증명 할 수 있는 자료 확보 및 시장 확장을 위한 홍보 전략이 필요함</p>	<p>○ 기존 상용화 제품(국산, 일본산)은 동절기 하우스내부의 보온성 향상을 위하여 디자인 되어 있으나 해당과제는 하절기 하우스 내부 온도 상승을 억제하는 기능에 맞추어져 있으며 관련된 자료는 농진청, 경북농업기술센터의 실증평가를 통하여 입증하였음 (최종보고서 32~36, 98, 99, 102, 109 쪽에 제시함)</p>	
<p>○ 개발 제품에 대한 내구성, 보온력 등 기능향상에 대한 자료를 공인된 기관에서 검증하면 향후 마케팅에 도움이 될 것 같음</p>	<p>○ 현재 국내 농업용필름에 대한 국가규격은 부재 상태이며 단체표준(KSP M1001, 1004)이 적용되고 있으나 평가 항목이 기계적물성에 한정되어 있어 공인된 기관을 통한 성적서 발급이 불가함. 검토의견 이외에 내화학적, 유적성 등의 기능적 항목을 신설 규격 제,개정을 위한 작업을 추진하겠음 (최종보고서 123쪽에 제시함)</p>	
<p>○ 연구보고서는 기술개발 목표를 설정하고 실험실 시험과 필드테스트를 통해 진행하게 바람직하나 발표자료에서는 체계적인 접근을 확인하기는 어려움. 보고서 정리시 단계적인 접근을 통해 실내시험 결과를 설정하는 과정, 필드시험을 통한 검증, 문제점을 확인후 추가개발을 통한 보완 등으로 접근하여 향후 기술개발을 통한 상품화까지 성공적으로 추진될 수 있기를 바람. 또한 경쟁제품과 비교분석을 통해 연구성과를 객관적으로 활용할 수 있도록 보완할 수 있으면 좋겠음.</p>	<p>○ 과제수행을 3차년도까지 진행하면서 각 연차별 실험실 시험과 필드테스트를 통하여 나온 결과물을 평가하여 차년도에 다시 실험실 시험과 필드테스트를 진행하여 수정 보완하였음. 보고서 상 연차에 대한 정보가 기입되지 않아 혼선이 발생하였으며 최종 보고서 작성 시 시간흐름순으로 정리하겠음 (최종보고서 20 쪽부터 제시함)</p>	
<p>○ 소비자들에게 판매할 때 제품의 성능에 관한 사항을 충실히 알려줘야할 필요가 있음에도 불구하고, 판매된 제품의 매출액 규모에 비해서 제품의 성능을 보증할 수 있는 규격을 정확하게 설정할 필요가 있음.</p>	<p>○ 현재 국내 농업용필름에 대한 국가규격은 부재 상태이며 단체표준(KSP M1001, 1004)이 적용되고 있으나 평가 항목이 기계적물성에 한정되어 있어 공인된 기관을 통한 성적서 발급이 불가함. 검토의견 이외에 내</p>	

	<p>화학적, 유적성 등의 기능적 항목을 신설 규격 제,개정을 위한 작업을 추진하겠음 (최종보고서 123 쪽에 제시함)</p>	
<p>○본 과제는 냉방, 보온 효율이 증진된 시설원 예용 하이브리드형 장기성 PO필름 개발 및 사업화로 제시한 연구목표, 연구결과 등 목 표에 맞게 달성되었으며 연구수행 방법 및 연구재료 등 계획적이고 적절하게 사용됨, 개발된 제품은 시장성, 경제성 있어 사업화 가 가능하고 타 분야 기술발전에도 기여 예상, 향후 안정적 제품 생산과 시장변화에 따른 적극적인 판매 계획을 마련한다면 개 발 제품 판매가 가능하고 그에 따른 매출 도 증대될 것으로 예상됨</p>	<p>○ 최초 근적외선 차폐라는 한가지 타입의 제 품개발을 고려하였으나 개발과정에서 시장 의 요구에 맞게 투명타입과 산광타입으로 제품을 개발하였고 추후 확대적용하여 매 출을 향상시키고자 함. (최종보고서 118 쪽 에 제시함)</p>	

□ 개인정보 삭제 확인

본인은 연구과제 최종보고서의 개인정보(주민등록번호 등)를
삭제하여 제출함을 확인합니다.

2020. 7. 10.

주관연구책임자 : 박 광 역 (인)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.