

GOVP1200505987

최 종
연구보고서

광산란 및 자외선차단 기능의 직조형
장기피복자재 개발

A Study on Development of Long-term
Usable Agricultural Woven Film with the
Function of the Light Diffusion and the
Blocking U.V. Ray

연 구 기 관
부영산업주식회사
원 예 연 구 소

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “광 산란 및 자외선 차단기능 직조형 장기 피복 자재 개발”
과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2004년 11월 14일

주관연구기관명: 부영산업주식회사

총괄연구책임자: 고 영 진

세부연구책임자: 고 영 진

연 구 원: 김 복 근

연 구 원: 정 운 재

연 구 원: 이 명 옥

연 구 원: 김 윤 철

연 구 원: 고 일

협동연구기관명: 원예연구소

세부연구책임자: 전 희

연 구 원: 김 학 주

연 구 원: 이 시 영

연 구 원: 염 성 현

연 구 원: 강 윤 임

연 구 원: 윤 남 규

요 약 문

I. 제목 : 광 산란 및 자외선 차단기능의 직조형 장기 피복소재의 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

농가 소득 향상을 위한 시설 원예용 피복소재는 농촌인구의 감소와 고령화로 인한 노동력의 부족 등을 이유로

- 1) 다년간 사용이 가능한 친 환경적 피복소재,
- 2) 기후의 변동이 심해짐에 따라 강풍이나 심한 적설로 인한 피해를 줄일 수 있는 강인성,
- 3) 광 산란과 자외선 차단 효과의 기능으로, 광 이용의 효율화 및 쾌적한 작업환경 조성 등

새로운 기능의 부여가 농업경쟁력의 중요한 문제로 대두되고 있는 바, 본 연구는 강인성을 기본적으로 가지고 있는 직조필름의 생산시설을 이용하여 농업용에 적합한 용도로 개발하여 생산 표준방법을 확립하여, 북유럽과 이스라엘에서 생산되어 수입되는 농업용 직조필름의 국내 생산기반을 바탕으로 하여 고 부가가치의 유망한 수출품목으로 육성하려고 한다.

III. 연구개발의 내용과 범위

본 연구의 내용은 장기간 안정적인 시설재배를 위한

- 1) 효과가 검증된 기능성 첨가제의 선택과 조성으로,
- 2) 광 산란 및 자외선 차단 기능의 직조 “폴리에틸렌필름”의 생산 표준작업 기술을 확립하며,

3) 광 산란 및 자외선 차단기능 효과의 검증으로 농업 생산기술의 향상을 도모함.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

1) 장기사용이 가능한 기능성 첨가제의 선택은 피복자재의 기본 성능인 가)인장강도와 광 투과율이 장기적으로 안정적이며 나)다년간 계속 사용이 가능한 수준에서 유지가 되어야 하며 다)직조필름의 경우 직조와 “코팅” 작업시에 300°C 정도의 열에 안정적이어야 한다. 이러한 조건을 충족시키며 내후성, 방적성, 보존성, 산란성, 내오염성, 자외선 차단성이 만족 되는 첨가제는 서로의 상충작용과 첨가물의 표면으로의 이행성 문제 등으로 여러 번의 시행착오를 거쳐 선정되어 좋은 제품 결과를 얻었다. 특히 기존 연질필름의 방적성이 3개월 정도인 것에 비하여 18-24개월의 방적성 유효기간을 확보하였다. 그러나 내구연한에 따라 필요한 방적성 확보를 위하여 액상 무적제를 도포하여야 하는 불편함이 있으나, 최근 일본에서 수입하는 장기필름에 비하여 경제적인 유리점은 물론 물리적인 강도 및 세척이 쉽고 양산체제가 완비되어 있어 농가의 사용 보급에 어려움이 없을 것으로 판단된다. 그러나 보다 나은 방적성을 확보하기 위해서는 내부에 첨가제를 넣는 방법으로는 한계가 있어 직조필름 위에 완벽한 방적성, 내마모성, 내오염성의 액상 나노 코팅 물질을 선정하여 실험 하는 중에 있으며 액상 코팅제의 도포 생산시설이 완료되면 국내외적으로 수익성이 우수한 피복자재 생산으로 내수는 물론 수출 물량 확보도 기대가 되어 국부 창출에도 크게 기여할 것으로 예상된다.

2) 직조필름은 일반 농업용 필름의 제작방법과는 많이 다르다. 우선 보통 HDPE 필름을 압출 하여 직조될 실을 만드는데 필름을 적당한 크기로 쪼개어 그 각각을 일정한 방향으로 연신하여 강도를 최대한 높게 한 다음 연신 된 각 실을 씨줄 날줄로 나누어 양방향으로 평직으로 짜고(이중으로 겹침). 이 직조면을 LDPE로 코팅을 하게 된다. 필름의 삼중압출기에서와 마찬가지로 코팅면이 양면이 다르게 처방 첨가되어 제조되며, 직조 폭이 2.0m-4.0m 이므로 코팅 완결 후 주문하는 규격으로 열 접합하여 제품으로 공급되어 농가에 사용되게 된다. 두께가 4겹인 관계로 0.15mm-0.20mm 정도이고 일반 필름과 같이 연질로서 부드러우며 열에 의한 신축성이 적어 설치하기가

용이하나 접합은 두께가 두꺼운 관계로 접착 내부면 까지 열을 전달할 수 있는 특수 열 접합기계가 필요하다. 기능성 첨가제의 사용으로 인한 압출의 어려움과 완성 된 원단의 강한 접합을 위한 압출 직조 코팅의 온도설정과 속도의 세밀한 조정이 필요하여 시행착오를 거쳐 만족한 작업표준을 만들 수 있었다.

3) 광 산란 필름은 일반적으로 시설원에 작물의 생산성 향상에 도움이 된다. 특히 초장이 길어 지주로 유인하는 작물이나 아래 잎이 무성한 재배식물의 광합성에 유리하다. 또한 과채류나 과수의 색 형성에도 유리하다. 광 산란 필름을 이용한 시험재배에서 시설고추의 균락생산성이 향상된 결과를 얻었다. 고추는 생육이 진전됨에 따라 계속적인 분지의 생성으로 무성한 초관을 이루게 되어 광합성 효율이 떨어지고 과실의 착색불량 및 곡과의 발생이 많아져 상품성을 떨어뜨리게 된다. 본 시험에서는 고추의 동화기관인 잎의 건물중 분포가 폴리에틸렌필름으로 피복시설보다 광 산란필름으로 피복된 시설에서 초고 90-120cm를 제외하고는 거의 모든 초고별로 건물중이 무거웠다. 균락 내부의 투광율은 잎의 노화 및 이병엽 제거 등으로 잎이 분포되지 않은 제1차 분지절(방아다리) 밑에 있는 원줄기를 중심으로 비동화기관인 줄기만 있기 때문에 지재부에서 초고 30cm 까지는 초고는 낮지만 초고 30-90cm 사이보다 오히려 투광율이 높았다. 고추 과실의 착과율은 분지수를 기준으로 광 산란 필름이 피복된 시설에서 폴리에틸렌필름 피복시설보다 10.9% 높았다.

2. 활용에 대한 건의

1) 개발 된 강한 인장강도의 직조필름은 국내의 강풍, 우박, 폭설 등 기상재해를 경감하며, 매년 교체에 따른 노동력의 경감, 유휴 재배기간의 단축 등으로 농업 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 판단되는 바, 기상재해 지역 및 재해가 우려되는 지역에서 우선적으로 이용할 수 있도록 정부의 지원사업에 포함하여 주시기 바랍니다.

2) 광 산란 기능으로 재배산품의 품질과 수량을 증진시킬 수 있으며, 자외선 차단기능을 적절히 활용하여(피부 손상, 자낭균류의 증식억제) 시설내의 작업환경을 쾌적하게 하여 시설내 작업자의 건강을 유지시키는 친환경 농업에 이용할 수 있도록 배려하여 주시기 바랍니다.

3) 본 연구결과인 장기사용 직조필름은 과거 축산농가와 양어장등에서 수입 사용되어 효율성을 인정받고 있으며, 작은 폭으로 가공하여 장기사용 보수 테이프, 시설 바람

막이용 “밴드“ 에 쉽게 이용될 수 있으며, “알미늄“증착 필름과 합지하여 과수에 사용하는 반사필름과 시설의 보온 및 보광을 위한 반사필름으로 응용 개발이 가능하며, 접착방법을 보강하여 보온비용 경감을 위한 축열”튜브“등에 이용할 수 있으므로 시설 원에 에너지절감 기술에 포함하여 주시기 바랍니다.

SUMMARY

I. TITLE

A Study on Development of Long-term Usable Agricultural Woven Film with the Function of the Light Diffusion and the Blocking UV Ray

II. PURPOSE

The goal of these study is to develop the PE Woven film in Korea which is available for 1) using several years, 2) safe for strong wind, hailstone, and heavy snowfall, and 3) utilizing the qualitative light with the function of light diffusion and screening UV ray, and which is a good plan for the lack of working power because of the decreasing rural population and entering aging agricultural society, and which is profitable for farmer's economy, and which is the good export item.

III. PROCESS

The process of development are as follows, firstly selecting the appropriate functional master batches and the ratio of these, secondly establishing proper production standard of film extrusion and one side oriented, weaving, coating on both sides, and welding, thirdly evaluating the results of light diffusion and blocking UV ray by observing the growing plants under the Woven PE film greenhouse .

IV. RESULTS

1) Selecting various functional additives of woven PE film is different from general PE film, the extrusion temperature of yarn

making film and coating machine are about 100°C higher than general film. Moreover, several years used film have special features for being maintained during the long period, which are long weather resistance, maintaining light transparency, long-time anti-dripping, and etc..

After some fundamental experiments and benchmark abroad manufacturers, selecting the proper receipt is applied successfully to be used in several years. Anti-dripping period is going on almost 2 years and no problem for going into market, but somewhat insufficient in anti-dripping and we continue the development of increasing the period of anti-dripping by the liquid-coating of nano-composite sol. which is good for the function but not determined final because of abrasion, anti-dust, and welding problem.

2) This working process is mainly composed of 4 steps: Film extruding and stretching, weaving, coating, and welding. Film is made of HDPE instead of LDPE or EVA and this is somewhat harder than general film. For yarn making, the slitting and stretching is unique and essential process for strong cloth. Weaving is another important process to cross weaving of weft and waft. Extrusion coating made of LDPE on both sides is similar but the temperature is very high about 300°C. Welding of 2 films (because weaving width is 2.0-4.0m) is internal hot air welding with outer pressure.

Many processes lead to fixed standard production are inevitable and more consideration for preserving the transparency and the strength of film. We try to control the process of manufacturing agricultural woven film with many years experience of producing general Tarpaulin, we got the production standards of temperature, speed of

coating and etc..

3) Generally, the light diffusion film is helpful for the promotion of protected horticultural crop productivity. Especially, it is good for the photosynthesis of long height and thickly covered with leaves plants. Also, it is efficient for the fruits coloring of fruit vegetable and fruit tree. In this study, the group productivity of green pepper was promoted in the greenhouse covered with light diffusion film. The dry matter of green pepper in the greenhouse covered with light diffusion film was heavier than that of green pepper in the greenhouse covered with polyethylene film except from 90 cm to 120 cm plant height. The leaves of main stem below the first node were removed for oldness and disease. So, the light transmittance from bottom to 30 cm was higher than that from 30 cm to 90 cm plant height. The fruit setting rate of green pepper in the greenhouse covered with light diffusion film was higher by 10.9% than that of green pepper in the greenhouse covered with polyethylene film.

V. SUGGESTIONS ON THE APPLICATION

1) The woven long-term usable agricultural film with very strong strength can minimized undesirable weather accident. And government supporting projects for the weather accident area and the worried area are required.

2) The productivity and quality of cultivated plants are increased because of light diffusion and the proper applying of screening UV ray will be the good ecological choice by the protecting some plant disease and pleasantable house working conditions. This help to accomplish one of the environmental agriculture.

3) Several-years usable strong woven film is also useful for livestock and fish farm. For this is having long usage merits, many advantage of developing for various purpose is extend to. Small width cut film is used as band for fixing the greenhouse, repair tape for greenhouse with some adhesive, reflecting film for heat retention and light reflection of north greenhouse wall together with vacuum aluminium metalized film, and water tube for storing heat are applicable. These are energy saving technology for greenhouse agriculture.

CONTENTS

Chapter 1. Summary on viewing of this study

Part 1. Technical view

Part 2. Economic and Industrial view

Part 3. Public and Cultural view

Chapter 2. Status of domestic and foreign development

Part 1. Domestic activities

Part 2. Foreign activities

Chapter 3. Results of research & development

Part 1. Selection of functional additives

Class 1 - For light diffusion

Class 2 - For blocking UV ray

Class 3 - For anti-dripping

Class 4 - For other functions

Part 2. Establishing standard processes

1. - Film extrusion & stretching

2. - Weaving

3. - Coating

4. - Welding

Part 3. Functions of light-diffusion & screening UV ray

Part 4. Economical analysis of using woven film

Part 5. Study on liquid coating

Part 6. Conclusions of this project

Chapter 4. Accomplishment of development & contribution on related industry

Part 1. Accomplishment of development

Part 2. Contribution on related industry

Chapter 5. Plan of applied development results

Part 1. Sales of woven film

Part 2. Apply on another products

Chapter 6. Information of abroad technology collected during development

Chapter 7. References

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	14
제 1 절	기술적 측면	15
제 2 절	경제 산업적 측면	16
제 3 절	사회 문화적 측면	18
제 2 장	국내외 기술개발 현황	19
제 1 절	국내 기술개발 현황	19
제 2 절	국외 기술개발 현황	21
제 3 장	연구개발 수행내용 및 결과	34
제 1 절	기능성 첨가제의 선정	34
1 .	자외선 차단	34
2 .	광 산란	37
3 .	방적성	38
4 .	기타 첨가제	42
제 2 절	제조 방법의 표준화	43
1 .	압출 연신 공정	44
2 .	직조 공정	49
3 .	코팅 공정	50

4 .	접착 과정	-----	53
제 3 절	광 산란 및 자외선 차단기능 검토	-----	55
제 4 절	개발품의 경제성 분석	-----	74
제 5 절	액상 코팅형 방적제의 연구	-----	76
제 6 절	연구개발 결론	-----	87
제 4 장	목표달성도 및 관련분야 기여도	-----	88
제 1 절	연구개발 목표 달성도	-----	88
제 2 절	관련분야에의 기여도	-----	90
제 5 장	연구개발 결과의 활용 계획	-----	91
제 1 절	판매 적용 보급	-----	91
제 2 절	응용 제품 개발	-----	93
제 6 장	연구개발 중 수집한 해외과학 기술정보	-----	94
제 7 장	참고문헌	-----	95

제 1 장 연구개발과제의 개요

약 70%의 임야를 가진 우리는 농지의 효과적인 이용을 위한 시설원예의 확대가 불가피하나, 농촌의 고령화로 인하여 농촌 일손 부족이 점점 심각한 상황으로 진행되어 감에 따라 대부분의 농가에서 매년 설치하던 비닐피복재를 저렴하고 안전한 장기 피복재로 바꾸어야 하는 필요성이 점차 증대 되고 있다. 이에 따라 수입량이 조금씩 늘어나고 있는데, 국내 필름 생산업체 중 일부도 이에 대한 연구 개발을 꾸준히 계속하고 있으나 아직까지 뚜렷한 제품이 나오지 않은 상태이다.

또한 산지가 많은 우리나라의 특성상 돌풍이나 폭설, 혹은 우박등 기상재해가 빈번하나 근자에 들어 이러한 기상이변이 부쩍 심하여 지고 있어 이에 대한 대비를 위해서도 현재 사용되는 일반 연질 필름에 비해서 획기적인 강도를 가지는 피복자재를 개발하여야 하며 기존 시설에 적용하기 쉬운 연질이어서 설치하기도 쉽고 경제적인 장기성의 강인한 피복자재가 시설원예를 하는 농가들에 꼭 필요한 시점에 와 있다.

이와 같은 농업피복자재의 변화는 농가 고령화에 따른 농가 일손부족의 하나의 해결책일 뿐만 아니라 유희기간이 없어 영농계획 수립이 수월하여 지며, 농가의 폐비닐 감소 및 재료의 장기간 사용으로 인한 자원의 절약으로 환경 친화적인 발전의 방향이어서, 기존 기능인 방적성이나 보온성의 개념에 개발하고자 하는 부가 기능 즉 산란광이나 자외선 차단 기능은 농촌경제에 도움을 줄 뿐 아니라 신상품 수출을 통한 국가 경쟁력 발전에 기여할 수 있어 대단히 바람직한 실용성이 있는 변화의 방향이다.

수입되는 장기성 필름은 보통 대별하면 3 가지 종류로 나눌 수 있는데 첫째는 일본에서 들어오는 불소수지를 사용한 고투명, 고강도, 고수명 필름과 둘째도 역시 일본에서 수입되는 특수PO계 3층 필름에 한쪽 표면에 기능성 물질을 코팅을 한 여러 제품, 세 째로 이스라엘과 유럽에서 수입되는 직조필름이다. 세 종류는 서로 간에 장단점을 가지고 있으며 단점을 보완시키는 방향으로 계속 개선되고 있다. 이중 본 연구는 당사가 생산시설을 가지고 있고 직조PE를 십 수 년 간 생산 수출한 경험이 축적되어 있어, 강인성 면에서는 가장 우수한 농업용 직조필름을 연구개발과제로 선택하게 되었다.

제 1 절 기술적 측면

1. 기능성 첨가제 선정 요인

- 가. 자외선 차단 ; 장기적이고 안정적이며 백화현상(migration)이 적은 차단제로서 국내 여건상 무 차단 필름도 개발 예정
- 나. 광 산란 ; 광투과율을 유지하며 보온효과가 있고 내마모성이 있어 장기간 효과가 있는 산란제
- 다. 방적성 ; 친수기가 2년 이상 작용할 수 있고, 300°C 의 압출온도에 견딜 수 있는 백화현상(migration)이 적은 첨가제.
- 라. 내오염성 ; 장기사용에 필수적인 기능인 오염이 잘 안되며 묻은 먼지등 오염이 쉽게 씻기는 성능.
- 마. 내구성 ; 최소한 4년이상 사용 가능한 우리기후와 재배방식에 맞는 적절한 자외선 차단제나 내후제

2. 작업 표준화 주요 고려 요인

- 가. 압출 ; 기본적인 소질을 결정 - 광투과성, 강인성, 내구성, 자외선 차단
- 나. 연신 ; 강인성
- 다. 직조 ; 강인성
- 라. 코팅 ; 기능적인 소질을 결정 - 광투과성, 방적성, 보온성, 광산란, 자외선차단, 내오염성
- 마. 접착 ; 강인성

직조 필름은 HDPE 원료를 압출하여 필름을 형성시킨 후, Flat Yarn을 만들기 위하여 필름을 2.5-3.0 mm 폭 간격이 될 수 있도록 잘라 다시 열을 가하여 일축연신을 시켜 인장강도가 강한 실을 얻는다. 연신 후 일부는 정경을 하여 경사로 삼고 나머지로 위사를 삼아 직조기에서 직교로 직조하여 대단히 강인한 원단을 얻을 수 있다. 여

기에 일반원단과 다르게 농업용으로 사용될 수 있게 투명함을 계속 유지하여야 함이 제조공정 기술의 요점이다. 원단을 만드는 직조공정 이후에는 앞 뒷면에 기능성 첨가제를 포함한 LDPE를 사용하여 앞 뒷면 양면을 서로 다른 구성으로 하여 압출 코팅을 하여 광 산란이 잘 되며 자외선 차단이 되는 여러 해를 사용할 수 있는 농업용 필름을 제조하며 이에는 연신 필름 압출온도 250°C와 코팅 압출온도 300°C에서도 사용할 수 있는 첨가제와 기능의 손실을 최대한 감소시킬 수 있는 표준 작업방법이 제일 중요하다. 그 다음이 마무리 공정으로 원하는 규격을 여러 폭의 필름을 접착하여 외부노출 상태에서 최소한 4년 이상 유지할 수 있는 있어야 개발품이 완성된다.

제 2 절 경제 산업적 측면

1. 농가소득의 증대 - 피복자재 비용 절감

수량 증가 및 상품성 향상

단절없는 영농계획의 편리

합리적 재배시설 설치 비용

2. 수입 상품 및 경질필름의 대체

3. 수출 산업화 - 장기직조필름의 수출

4. 개발 직조필름을 이용한 연관제품 개발- 직조하우스밴드, 직조하우스테이프, 반사필름, 직조차광필름, 건축용 직조통기방수필름, 등

국내 농업의 방향 설정에 대하여 많은 가능한 방법들의 연구가 진행되어 왔고 근래에 이르러 더욱 연구활동이 심화 되는 현상이다. 현 상태가 다급하고 풀기 어려운 만큼 농업 정책적인 면에서 획기적인 농촌 발전방향이 수립되어 안정되고 활기찬 농업으로 유지되어야 하겠고, 국내농업에 적합한 재배환경을 위한 농업기술들도 역시 중요성을 가지고 계속 연구 개발되어야 한다. 농업의 환경에 있어서도 농업 경쟁력을 높이는 것이 주요한 관건으로, 이중 시설원예 자재의 비중은 재배방법의 변화를 수반할 수 있기에 아주 중요한 요소로 생각할 수 있다.

여러 기능을 부여한 장기간 사용할 수 있는 직조필름은 광 산란효과로 인한 증산이나 장미재배에 있어 흑반병 감소 등 재배품질의 고급화로 농가 수입의 증대와 매년 교

체 피복하여야 하는 불편을 덜어주어 농촌의 고령화로 인한 일손부족을 경감 시키고 재피복에 따른 비용을 줄여 준다.

또한 장기사용 가능한 시설은 보통 피복자재의 무게가 상당하여 그를 지탱하는 시설 골조비가 많이 들며 피복자재 비용 및 피복설치비를 합치면 재배에 따른 시설비 회수가 문제되어 안정적인 영농이 어려울 수도 있다. 수년 전부터 이러한 상황변화를 수용하여 수입 장기피복 자재를 사용한 영농인들 보다 강인한 성질의 피복자재의 국산화로 수입제품을 대체하여 보다 낮은 가격의 양질의 제품을 공급 할 수 있으면 현재 보다 더 시설비, 피복비 등에서 영농비용 절감을 하여 농업 경쟁력에 도움이 될 수 있을 것이다.

장기 사용 직조필름은 원래 처음 이스라엘에서 생산되어 전 세계에 보급 되었는데 직조원단의 생산 공정의 복잡함과 대량생산으로 원가절감이 필수적인 자본 집약적인 산업이어서 신규 시장진입이 쉽지 않아, 중국 한국이 국제시장 지분의 대부분을 차지하여 경쟁력이 있다. 더욱이 일본은 이제는 직조필름은 거의 생산을 안 하며 중국은 기술적으로 아직 개발할 여력이 없다. 국내 시설원예용 피복재 시장의 규모는 년 간 약 8만 톤 규모로 시장성이 있으나 장기성 필름은 수입이 증가하고 있으며 국내 시설원예용 피복재 시장이 서서히 잠식되고 있다. 장기 피복재 시장 확대에 따른 수입가격 인하가 된다면 수입은 더욱 증가되어 국내 피복재 산업에 영향을 미칠 것이다. 몇 농업용 광폭 필름 생산업체들도 관심을 가지고 개발하는 상태이며, 시설원예 면적이 많은 중국과 일본이 이웃에 있어 점진적인 수출확대에도 유리한 상태이다.

연구 개발결과에 따라 직조형 필름이 강인성과 내구성으로 보강되어 이를 이용하여 농업분야에 가장 활용성이 많아질 것이다. 현재 상품화 연구를 하고 있는 장기 직조 접착테이프, 직조 반사보온 필름, 직조 축열 튜브 등 관련분야의 연구를 진행할 예정이다.

제 3 절 사회 문화적 측면

1. 노동력 부족 해소 ; 고령화 해소
2. 안정 영농 계획 ; 자연 재해 방지
3. 농업 안정 기반 확립 ; 농업구조 고도화
4. 국민건강 증진 ; 곰팡이별 방제 효과로 저농약 재배 등
5. 시설 내 쾌적 작업환경 조성
6. 친환경 농업 영위 ; 필름 폐기물 감소

농약 사용 감소

자원 절약

장기사용 가능한 피복재의 생산에 의해 매년 교체 설치에 따른 시간, 노력, 경비 소모에 따른 농민의 불만이 해소되고, 자연재해에 의한 실농의 위험성을 경감하여 줌으로써 작물재배의 안정화가 가능하여 이에 따른 안정된 영농 기반을 조성함으로써 소비자 와 생산자간의 신뢰가 형성되어 농업 발전 분위기가 형성된다

자외선 차단기능의 부여는 재배시설내의 광환경을 변화시켜 작업자의 피부에 자극을 주지 않아 건강에 도움을 줄 뿐 아니라 작업환경의 쾌적화로 능률이 배가 되는 친환경적인 제품이다. 농업재배에 있어서는 바이러스를 매개하는 곤충들의 활동 둔화와 자외선이 필수인 일부 자낭균류 번식을 억제하는 효과가 있어 농약 사용을 줄여 저농약 재배가 쉽다.

또한 PE 원료를 사용하여 재 사용이 가능하며, 소각시에도 유해가스가 발생되지 않아 PVC 제품들을 농업용도 뿐 아니라 건설 용도등에 사용하는 것을 대체할 수 있어 폐기물 처리가 용이하며 다년간 사용할 수 있으므로 원료의 절약과 폐기물 양을 대폭적으로 줄일 수 있다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

일본은 원래 주로PVC 제품을 농업용으로 사용하고 있으나 환경문제로 인하여 점차 EVA나 PE 필름을 많이 사용하려는 추세이며 국내의 PE필름 생산 기술에 많은 관심을 가지고 있다. 그러나 장기 유적성및방무에 대한 기술이 우리보다 앞서 있어 그에 대한 기술자립이 필요한 시점에서 여러나라의 장기 유적제에 대한 연구가 필요하나, 년마다 피복재를 교체하는 국내 현실로는 수지내에 함침하여 넣는 단기연입형의 경우 통상적으로 4개월을 넘을 필요성이 없으며, 자외선차단과 산란광의 효용에 대하여도 유독 국내에서 외면 기피하고 있는 실정이다.

이에 본 개발은 이스라엘이나 북구 쪽에서 생산되는 직조필름을 우리나라의 실정에 맞게 새로운 기능을 부여하고 고품질의 생산기술을 학립하여 기술자립을 함과 동시에 수출에 매진하여 해외사장을 개척하고자 함이다.

제 1 절 국내 기술개발 현황

현재 국내에서 대부분 사용하는 일년용 필름들은 간혹 산란광이 되는 피복이 있으나 상대적으로 입자 크기가 큰 무기질을 이용하여 제조함으로 광 투과율이 나쁘다. 이로 인해 국내의 시설재배 농가들은 산란광에 대한 그릇된 편견을 가지고 있다. 직사광선 투과율이 높아 비쳐 보이는 물체가 명확하여야 광이 많이 투과된다고 하는 믿음은 광선투과의 표현 성질의 일부분으로 실제의 광합성 효율과는 다른 보조적인 지표일 뿐이다. 실체는 적절한 광 산란이 작물 성장에 유리하며 투과율을 저해하지 않으면서 적당히 산란시키는 적당한 소재나 방법을 아직까지 찾지 못한 데에 원인이 있다. 본 개발은 직조가 가지는 기본적인 광 산란을 이용하여 투과율은 유지하며 산란율을 높이는 방법을 강구하는데 있다.

또 하나의 관점은 붉은색 장미 재배에 흑반병을 줄이기 위하여나 토마토 재배에 병균의 발생이나 증식을 억제시켜 친 환경 재배로 쓰이는 외국에서는 선별적으로 널리 쓰이는 자외선 차단에 관한 기능이다. 자외선 차단의 재배법이 우리나라에서는 거의 사용하지 않으므로 보통 피복재는 HALS(Hindered Amine light Stabilizer)나 약간의 자외선흡수제나, 기타 산화방지제를 적당한 비율로 조제하여 넣어 생산하는데 국내여

건상 얇은 필름을 사용하는 관계로 내구성을 유지시키는데 유리한 HALS 형태의 장수제를 많이 써서 제조한다.

직조형의 경우 연신과 직조효과로 인하여 인장강도가 몇 배 뛰어남은 물론, 서로 겹쳐 직조하는 관계로 엄밀하게 층을 구분한다면 직조면 2면, 코팅 2면으로 약 150-200 micron의 두께를 유지하게 된다. 그러므로 자외선 차단제를 많이 사용하여, 자외선을 적당량 차단할 수 있는 두께의 여유가 있다.

자외선 차단은 우리나라의 경우 십수 년 전 경남 양산 지방에서 수정벌의 비산능력 저하 사고가 일어나 국내업체들은 모두 기피하게 되었지만 실제로는 대부분의 경우에 작업환경을 쾌적하게 하며 식물의 병 발생을 억제하여 시설재배에 유리한 점이 많다. 이에 물질에 따라 자외선 파장별 흡수율이 상이한 점을 이용해 적절한 자외선 차단제를 선택해, 원하는 정도의 자외선 차단효과를 이용할 필요성이 있다.

국내에 농업 피복자재 민원 중 가장 많은 방적사고는 피복재에 물방울이 맺혀 생기는 경우가 가장 많은데 이도 기본적으로는 사용필름의 두께가 60mm 정도로 얇아 수지 내부에 첨가시킬 수 있는 한계가 있어 보통 방법으로는 PE 내부에 20,000ppm 이상 들어가기 힘들어 표면에 적당량이 계속 침출되며 소진되어 방적작용을 할 수 있는 기간이 짧게 되는 것이다.

보통 Poly Glycerol fatty Acid esters, Sorbitan fatty Acid, polyoxyethylene Oxide Adducts 계통이 사용되는데 장기 피복재인 만큼 표면 침출이 적은 종류 중에서 Coating원료와 상용성이 좋은 것을 선택하여 약300°C 의 압출온도에 견딜 수 있어야 한다. 덧붙여 이와 함께 장기간 사용시 방적제 소모가 잘 안되는 기술이 요구 된다.

국내시설원예 형태상 보온성은 상당히 중요한 요소인 바, 기본적으로는 열전도율 면에서 필름의 두께가 문제가 되며, 이에 직조형 필름은 보온에 적합한 기본적 소질을 갖고 있다. 이에 광 투과율 유지와 기온이 낮은 외부로의 복사열 방사를 막는 보온성을 갖춘 적절한 소재를 첨가한다면 일교차나 극심한 추위를 막을 수 있는 쾌적한 환경을 유지하는 필름이 될 것이다.

보통 보온성 유지는 특별한 Silicate 조성을 찾아내는 것이 주가 되는데 실제로는 합성을 통한 적절한 제조물질을 선택하여 탄 기능을 저해함이 없이 첨가하여 압출하는 것이 보편적인 방법일 것이다.

이와 같은 기능성이 우수한 필름을 개발하고, 농가에서 효과적으로 이용되기 위해서

는 현장에서의 기능성이 검증되어야 한다. 또한 이들 기능성 향상이 시설환경 개선에 도움이 되었는가를 확인하기 위해서는 시설에서의 작물의 생육 개선 효과로 결국 생산성이 향상되었는가를 확인하는 것이 필요하다

이들 기능성 향상을 검증하는 것으로는 시설 피복자재의 투광성, 보온성, 방적성 등이 기존의 제품과 비교 분석되어야 한다. 광투과와 다른 면으로 산광성은 기존의 직사광선이 잘 투과되는 피복자재와 장단점이 비교 되어야 할 필요성이 있으며 또한 작물의 재배되는 과정에서 병충해의 발생을 이롭게 할 수 있는 자외선을 차단하여 작물 재배를 친 환경적으로 생산성을 극대화 할 수 있기 때문에 자외선 차단연구도 중요하다.

제 2 절 국외 기술개발 현황

1. 이스라엘에서의 직조필름 시험 결과 및 활용 실태

일반적으로 네델란드, 영국, 캐나다 그리고 미국과 같은 나라에서는 유리온실이 보편화되어 있으나, 태양의 복사에너지가 강한 이스라엘이나 스페인 등지에서는 내구연한이 긴 폴리카보네이트(PC)나 두께가 강화된 필름으로 만든 피복자재를 주로 사용하고 있다. 이스라엘에 있는 대부분의 온실들은 유리에 비하여 수명이 짧고 얇은 비닐필름을 사용하고 있다. 제품에 따라 4~5년마다 교환해야 되는 필름이 있는가 하면, 매년 교환해야 되는 필름도 있다.

이러한 피복자재를 교체하는 작업은 교체하는 동안 작물에 해를 끼칠 뿐만 아니라 많은 노동력을 필요로 한다. 따라서 많은 비용이 필요하며, 설치에 따른 많은 기술적인 문제들이 있다. 반면에 피복자재 제조회사에서는 농민이 필요로 하는 이러한 여러 불편함을 해결하기 위해 보다 더 발달된 제품들을 개발하고 있으며, 농민들은 제조회사가 개발한 신제품들을 사용함으로써 비용절감과 품질향상, 생산량 증가로 고소득을 얻을 수 있다.

플라스틱 소재들은 매우 빠르게 발전하고 있다. 농업용 피복자재 생산업체에서는 농민들을 만족시키기 위해 보다 다양하고 특별한 제품들을 공급하려고 노력하고 있다. 시장에는 다양한 피복자재들이 나와 있다. 그러나 대부분의 농민들은 제품의 질을 따

지기 보다는 제품의 특징, 두께, 상표, 이해하기 힘든 설명 그리고 가격만을 보고 선택한다. 한편, 폴리에틸렌의 가격은 올랐지만, 피복자재의 가격은 제조업자들의 지나친 경쟁으로 말미암아 크게 오르지 않았다.

"이스라엘 플라스틱고무센터(테크니온-하이파)" 또는 "이스라엘 표준연구소(텔아비브)"에서는 유료로 피복자재들에 대한 표준검사를 하고 있다. 이 표준검사를 통해 피복자재에 대해 전부는 아니지만 대부분의 성질을 알아낸다.

또한 농민들은 경험이 있는 연구기관이나 농촌지도사를 통해서 유익한 정보들을 구할 수 있는데, 이 중에서도 그 회사의 신용도, 서비스 만족도, 사용경험 등을 잘 알아볼 수 있다.

다음은 다양한 온실 피복자재에 대하여 실험된 자료들을 여러 경로를 통해 수집, 실험한 후 정리하여 보여주고자 한다.

경험이 부족한 몇몇 농민들은, 온실에 문제가 생기면 전문가들에게 그 해결방법을 문의한다. 이러한 문의를 받게 되면 실험에 필요한 적은 양의 온신피복자재를 채취하여 실험한다. 특정 제품을 칭찬하거나 비난하려는 의도 없이 공정하게 실험한다. 현재 시장에는 이 자료에서 다루지는 못한, 보다 좋거나 보다 나쁜 수 많은 제품들이 개발되고 보급되어 있다. 이스라엘에서는 이러한 실험이 계속 되어지고 보다 많은 제품들이 평가를 받는다.

온실 직조피복자재의 개발과 관련된 광의 이스라엘의 실험결과를 소개하면 다음과 같다.

맑은 날 해수면에서의 지구 표면에 유입되는 총에너지는 1천Watt/Sq.M 또는 12만 룩스(Lux) 또는 1,550 마이크로아인스타인(Microeinstein)이다. 보통 온실에서는 피복재의 방향과 종류에 따라서 다르지만, 실외광의 60% 정도가 투과된다고 볼 수 있다.

자외선-Ultravioletradiation(UV)

자외선은 맨눈으로 볼 수 없다. 지구 표면에서 300-350nm 사이의 짧은 파장의 광은

피부의 빛깔을 그을리게 하고(선 텐), 사과, 고추 그리고 다양한 형태의 과일 표면의 색깔을 변화시키고 장미의 흑화현상을 발생하게 한다. 자외선은 각종 병충해와 벌들(병충해 또는 수정)의 유무에 영향을 준다.

자외선은 폴리에틸렌을 약화시킨다. 그러므로 자외선의 이러한 영향을 방지하고 역학적 성질을 보존하기 위해 폴리에틸렌 비닐필름에는 안정제가 첨가된다. 안정제가 첨가되지 않은 비닐필름은 태양에 노출된 지 몇 주 후에는 유연성을 잃거나 파괴된다. 자외선을 막는 첨가제는 360nm 이하의 광선의 침투를 막는다. 자외선 필터를 추가한 비닐필름은 전체적으로 자외선을 막고 필름을 안정시키는데 도움을 준다. 일반적으로 0.15-0.18mm 두께로 생산된 비닐필름은 보통 2-3년 사용할 수 있다.

이스라엘의 장미 농가에서는 장미의 흑화현상을 방지하기 위해 자외선 차단에 큰 관심을 가지고 있다. "압솔" 지역에서 수행된 조사는 병충해의 유무에 따라 자외선 방지에 흥미로운 영향을 보여주었다. "지네갈"의 IR rose, "팔릭"의 "솔라릭", "에레츠"의 필름과 같이 이스라엘에서 생산된 비닐필름은, 수정을 위해 꿀벌을 이용할 경우 일주일 정도의 적응기간이 필요로 하지만, 다른 온실의 비닐필름과 비교할 때 병충해가 적었다. 이것에 대한 원인은 조사 중에 있으며 좋은 결과를 기대하고 있다.

가시광선-VisibleRadiation(VI)

가시광선은 광합성에 유효한 광범위(PAR, 400-700nm)를 포함하고 있는 380-720nm의 파장이다. 가시광선은 태양광선의 50%를 차지하고 있으며 광합성 유효광의 범위는 태양광선의 43%를 차지하고 있다. 이중 2%의 소량만이 광합성의 과정에서 사용되고, 이 에너지의 대부분은 식물과 지표면 그리고 건물에 흡수되고 열로 변환된다.

그렇지만 농민들은 직사광선 또는 산광 등의 에너지를 최대한 전부 흡수할 수 있는 필름을 선호하고 있다. 물론 먼지, 때, 이물질 등이 쉽게 씻겨져서 깨끗이 유지되는 필름도 선호하고 있다. 특히 수 년 동안 필름을 사용하고자 하는 농민들에게는 쉽고 깨끗이 유지되는 것이 중요하다.

이스라엘은 네델란드나 독일과 비교할 때 겨울에도 광량이 풍부하다는 뛰어난 장점을

가지고 있다. 또한 이스라엘은 이들 두 나라에는 없는 겨울이 있다. 이스라엘은 기후적으로 이러한 차별화된 점들을 가지고 있다.

적외선-InfraRed Radiation(IR)

여기서 관심 있게 볼 과장범위는 '지구방열'이며, 평균 20℃ 와 10,000-12,000nm 범위에서 발생된다. 이러한 광선을 흡수하는 "솔라틱"과 같은 피복자재는 이것을 온실로 다시 방열하고 따라서 주위의 열손실을 감소시킨다. 따라서 겨울에 무가온 온실에서는 어느 정도의 고온이 유지되며 가온온실에서는 난방연료가 절약된다. P.V.C.는 본질적으로 장파광선을 차단하며, 폴리에틸렌 비닐필름은 EVA 또는 비싼 다른 첨가제를 첨가해야 가능하다.

<태양광과 피복자재의 관계>

온실 피복자재는 두께가 있고 매끄러우며 투명한 물리적 특성을 지닌다. 태양광선은 온실필름의 외부표면에 특정한 각도로 도달한다. 광선의 일부는 온실의 밖으로 반사되고, 그 나머지는 다양한 각도로 흡수된다. 광선의 일부는 피복자재에 흡수되고, 흡수된 열에너지와 팽창된 열에너지 사이에서 균형을 유지하므로, 열로 변환되어 피복자재 안으로 침투해 들어간다. 나머지 광선은 전체적으로 온실 내부로 통과되어 들어간다. 이 과정에서 적어도 세 가지 형태(투광, 반사, 흡광)가 있을 수 있다.

투광-PENETRATION

투광은 피복자재의 특성과 태양광선의 입사각에 따라 다양하다. 투광은 태양광선의 입사각에 따라 어떻게 달라진다는 기준이 없으며 태양광선의 과장 길이에 따라 다르다. 따라서 태양광선이 색유리를 투과할 때 다양한 색깔로 투과된다. 투광은 입사각이 90도일 때 가장 크고, 입사각이 줄어들수록 감소한다. 다음의 표 1은 각기 다른 입사각과 다양한 재질에 따른 투광율을 나타내고 있다.

입사각의 변화와 재질에 따른 투광율의 변화

물	색칠한 PE	깨끗한 PE	유리	입사각
70%	10	34	50	12°
91	21	67	80	25
97	35	79	90	45
93	43	84	93	60
93	47	86	95	70

반사-REFLECTION

반사는 물질 조직의 매끈함과 투명성, 태양광선의 파장 길이와 입사각 등과 깊이 관련되어 결정되어지는 특성이다. 입사각이 작을수록 매끈한 부분에서의 반사율은 커진다.

물리적 투명성과 태양광선의 파장 길이 사이의 상관관계 때문에 거울과 같이 가시광선을 반사하는 물질이, 다른 광선의 범위까지도 반사한다고는 할 수 없다. 투명한 PE 비닐필름은 직사광선을 5-6% 정도 반사한다.

흡광-ABSORPTION

흡광은 피복자재의 물리적 특성과 태양광선 파장에 의해서 결정된다. 특정한 파장의 태양광선을 흡수한 피복자재는 열을 내는 것과 같이 느껴지며, 태양광선을 열에너지로 전환시키는데 필요한 뛰어난 전도체가 될 수 있다. 우리는 이러한 특성들을 신제품을 생산할 때, 자외선 투과 여부와 원적외선 흡수 여부 등을 결정할 수 있도록 첨가제 또는 합성물을 선택하여 사용할 수 있다.

필름으로부터 대기 중으로 방출되는 열과 흡수되는 열은 평형이 될 때까지 계속 순환된다. 비닐필름으로부터 방출된 빛은 피복자재의 물리적 특성과 관련하여 처음 투과되었던 것과 같이 투과되어 나갈 수 있다. 이것을 투광이라고 하며, 투명한 평면유리를 통해 물체를 그대로 보는 것과 같다.

산광은 자연적이며 특별한 방향이 없는 비방향성 광을 말한다. "솔라릭 필름"은 투광성이 좋으나 뿌연 유리 섬유판이나 울퉁불퉁한 유리를 통해 물체를 보는 것과 같다. "솔라릭 필름"과 같이 산광을 만드는 비닐필름은실 안에서는 그림자가 생기지 않으며 높은 나무라도 전체적으로 빛을 받을 수 있다.

태양광선의 대부분을 비방향성으로 투과케 하는 PE 비닐필름은, 완전히 투명한 비닐 필름이 아니지만 이와 비슷한 투광율을 보이지만 산광을 만들지는 못한다.

농장이나 농자재 회사를 위해 실시하는 현장측정과 순수한 실험실 측정에는 큰 차이가 있으며, 그것은 다음과 같이 설명될 수 있다.

- A: 태양광선의 측정은 매우 특별한 장치를 필요로 한다. 대개 장비가 비싸며 광선의 길이, 피복자재에 따른 입사각, 표면의 질, 먼지의 유무 등 다양한 변수와 관련하여 유지 관리 비용이 많이 필요하다.
- B: 실제 온실에서는 온실구조의 대칭성과 관련하여 여러 변수들이 일정하다는 것이다. 이러한 영향의 예는 표 2를 통해 보여 진다. 이러한 변수들은 비닐필름과 관련하여 태양광선의 각도, 구름, 먼지 그리고 압력 등이다.

실제 온실에서의 통계적인 측정과 축적된 자료는 좀더 현실적인 변수의 값을 제공한 다. 그리고 이것은 같은 구조의 연구실에서의 측정된 투광량보다 낮은 투광량을 나타 낸다. 이와 함께 구름이 지나갔는지, 비닐필름에 이물질이 있는지, 이슬이 맺혔는지, 적절한 피복자재인지 그리고 이와 같은 모든 것이 잘 조화되었는지에 대한 문제 때문에 정확한 결론을 얻기가 어렵다. 이와 같이 다양한 이유로 기후 조건의 변화와 다른 시간대에 따라 실험결과는 다양하다. 따라서 타당한 원인들을 분석하여 다른 여러 온 실용 비닐필름들의 투광 특성을 비교해야 할 것이다.

입사각의 변화가 있는 실제 온실실험에서는, 연구실의 실험온실에서의 적용하기 힘든 측정값들을 처음부터 확신을 갖고 적용하기도 한다. 이러한 경우는 일정한 조건 아래 반복 실험이 가능한 실험온실에서 실험을 실시할 때 가능하다.

실험실에서는 샘플 표면에 태양광선이 직각으로 있을 때 최대 가능한 투광이나 산광을 측정할 수 있다. 다양한 각도에서도 측정이 가능하지만 많은 비용이 필요하기 때문에 일반적으로 사용하지 않는다. 제조업자들은 일반적으로 청결한 새로운 자재를 사용한 실험결과를 자료로 발표하지만, 여기서는 사용된 샘플의 다양한 상태에 따라 조사하였다. 그러므로 실험실에서의 실험결과를 통해 다양한 비닐필름의 대부분 특성뿐만 아니라 다른 비닐필름과 차이점을 비교하여 알 수 있다. 그러나 온실의 다양한 조건들의 변화에 따른 결과는 현장 실험을 통해서만 알 수 있다.

온실에 사용되는 플라스틱 비닐필름은 일반적으로 3 중 4중으로 된 선형 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)으로 구성되어 있다. 또한 비닐필름에 필요한 여러 특성을 강화시키고 개선시키며, 필름의 노후를 방지하기 위하여 각각의 다른 층에 다른 첨가제를 사용한다. 새로운 직조형 폴리에틸렌 비닐필름은 강도면에서 600% 정도 강해졌지만, 내구연한은 300% 정도 단축되었다.

비닐필름의 노후는 자외선과 열 때문이다. 비닐필름의 노후를 늦추고 수명을 연장하기 위해서 비닐필름에 첨가제(HALS 타입의 자외선 안정제)를 넣는다. 그 첨가제의 양과 형태는 일반적인 스펙트럼 검사가 아니라 적외선 범위(파장 15-17 μm)에서의 검사로 알 수 있다.

병충해를 방지하고, 장미와 같은 민감한 식물에서의 피해를 방지하거나 온실에 침투하는 자외선을 방지하기 위해서 자외선 필터를 첨가할 필요가 있다. 자외선 통과를 막기 위하여 비닐필름에 자외선 흡수제를 첨가한다. 또한 노후속도를 늦추기 위하여 여러 종류의 필터를 사용하여 자외선 통과를 조절할 수 있다.

세계적으로 대부분의 필름 제조업자들은 안정제와 필터를 첨가하고 있다. 그러나 그 양은 그 적용, 위치 그리고 비닐필름의 두께 등에 따라 다양하다. 이스라엘과 같이 자외선의 강도가 큰 지역에서는 이러한 첨가제 함량이 많이 필요하며, 현재 이러한 제품들이 농업용으로 사용되고 있다.

정밀검사를 통해 사용된 첨가제와 그 양을 측정할 수 있다. 사용된 첨가제의 양은 시간이 갈수록 감소하며, 비닐필름의 남쪽에서부터 시작된다. 비닐필름의 긴 수명과 투

명성을 유지하기 위해 가능한 비닐필름을 깨끗하게 유지하는 것이 가장 중요하다. 특히 좋은 품질의 0.15mm 두께의 비닐필름에는 수명 유지 효과가 있다.

온실 내부의 고온상승을 억제하기 위하여 선택할 수 있는 가장 경제적인 방법은 열선인 장파를 효과적으로 차단하는 것이다. 직조필름의 경우에는 외부로부터 온실로 침투하는 원적외선의 통과를 차단하기 위해 원적외선 차단필터를 비닐필름에 첨가한다. 이 필터는 7-14 μ m 범위의 파장을 차단한다. 이 첨가제는 비닐필름의 수명이 끝날 때까지 남아 있다.

반면에 유적(流滴 anti-fog)첨가제는 1-2년의 비교적 긴 수명을 가지고 있다. 그 수명은 비닐필름의 두께, 양, 내외부의 기후적 조건 그리고 가장 중요한 요소인 온실의 높이에 달려있다. 높은 온실일수록 더 오랜 시간동안 유적 효과를 명백히 볼 수 있다. 이것이 높은 온실을 선호하는 또 다른 이유는 살충제는 비닐필름에 아주 파괴적인 영향을 미친다. 유황(sulfur)과 할로젠은 안정제를 위협하게 한다. 따라서 비닐필름에 직접 뿌리지 않도록 조심해야 한다. 또한 유황(sulfur) 분산제를 살충제에 넣어서 사용하는 것도 비닐필름을 오래 사용하기 위한 좋은 방법 중에 하나이다.

농가현장시험결과

최근에 직조필름에 대하여 서로 다른 제조업자들이 여러 가지 디자인과 형태에 대한 실험을 많이 하였다. 다음 내용은 이러한 실험 결과이다.

1994년 12월 광도측정기(luxmeter)로 온실 안의 빛 밀도에 대하여 측정을 하였으며, 비닐필름의 노후정도와 계측방법에 따라 투광율은 42-59% 사이였다. 후속 연구를 위해 “하보님” 지역의 9-42개월 사용한 온실로부터 12개의 샘플을, 고추가 재배되고 있는 “라스미 다카”의 20개월 사용된 온실로부터 샘플을 채취하였다. 이 샘플들은 하이파에 있는 “테크니온”의 “이스라엘 플라스틱고무 연구소”로 보내졌다. 자외선, 가시광선 그리고 근적외선을 포함하는 200-900nm 사이의 광범위에서 실험하였다. 그 결과는 표 2와 같다.

솔라릭 비닐필름의 투광율

노후정도(달)	평균 가시광선 투과율	평균 380nm 자외선 투과율	평균 360nm 자외선 투과율
9	87	0	0
20	83-85	2	0
23	82	30	3
29	82-84	20-40	5-10
42	79-81	56-70	60-65

깨끗하지 않은 샘플은 위의 값과 같이 투광율이 5-30% 정도 감소된다. 새 "솔라릭" 샘플에 대한 테스트 결과에서 55%의 산광율과 함께 90% 정도의 투광율이 측정되었다. 즉, 자외선을 전체적으로 보호한다는 것을 알 수 있다.

1995년 5월, 3년 또는 그 이상 된 "솔라릭" 온실 비닐필름에 관해 연구가 되었다. 이 샘플은 텔 문드와 켈베라가 경작되는 지역에서 채취하였다. "테크니온"에서 이 샘플들을 테스트하였고 그 결과는 다음과 같다.

표 3. "솔라릭" 비닐필름의 투광율

노후정도(개월)	가시광선 투과율	380nm 자외선 투과율	360nm 자외선 투과율
0	88.0	0	0
36	82.8	50	30
36	84.4	50	30
38	83.3	30	15
38	85.2	26	10

채취된 새 비닐필름은 88%의 투광율을 가진다. 반면에 3년 된 샘플은 83%의 투광율을 가진다. 새 "솔라릭" 비닐필름은 일반 PE 비닐필름보다 약간 차이가 있지만 3년

후에도 그 투과율이 지속되므로 좋은 품질의 비닐필름이라는 것을 알 수 있다.

3년 된 "솔라릭" 비닐필름의 일반적인 투과율은 약 84%, 산광율은 60% 그리고 자외선은 완전 차단되었다. 1995년 1월 수행된 실험에서 나온 결과는 표 4와 같다.

플라스틱 비닐필름의 투과율

필름 종류	노후정도	광합성 유효광 투과율	자외선 380nm 투과율	자외선 360nm 투과율
솔라릭	3년	85	85	0
잔도르	0년	91	91	40
에레츠(PVC)	6년	80	80	5
지네갈 IR	6개월	92	92	50
프랑스산	0년	92	92	60
스랑스산	0년	90	90	70
솔라릭	20개월	90	90	0

장미가 재배되는 온실에서 "솔라릭" 비닐필름에 대해 검토되었다. 현장에서 채취한 비닐필름은 70%의 투과율을 가지고 있었다. 윗면을 깨끗이 한 후 투과율은 84% 까지 상승되었고, 밑면까지 깨끗이 한 후에는 88% 까지 상승되었다. 새 "잔도르" 샘플의 가시광선 투과율은 15%의 산광율을 포함하여 91%이다. 그리고 360nm까지 자외선의 차단율은 80%에 이른다.

원산지가 이탈리아인 "잔도르" 비닐필름은 자외선이 완전히 차단되지 않으며 매우 높은 투과율을 가진 필름이다. 그리고 이러한 비닐필름은 유럽식 비닐필름이라고 할 수 있다. 유럽에서는 총 광량이 이스라엘 보다 적으며 따라서 투과율을 더욱 강조하고 있기 때문이다.

프랑스 샘플의 광합성에 유효한 광범위(PAR)에서의 일반적인 투과율은 10%의 산광율을 포함하여 91% 정도이다. 360nm 이하의 자외선 차단은 거의 완벽하다. 광합성 유효광(PAR) 영역에서는 일반적으로 86% 정도 투과율을 가진다. 360nm 정도의 자외선 차단율은 85% 정도이다.

차광(thermal) 스크린이 설치된 장미 온실의 "솔라릭" 샘플의 결과는 다음과 같다.

깨끗이 하기 전 : 75% 투광율
외부를 깨끗이 한 후 : 89% 투광율
하부를 깨끗이 한 후 : 91% 투광율

원적외선 범위에서 투과율을 나타내 보이기 위해 두 가지 종류의 비닐필름("지네갈 원적외선(IR) 산광필름"과 "솔라릭")에 대한 실험을 하였다. 이 실험은 10-14 μ m 범위를 중점으로 하며 원적외선 전체 범위를 포함하였다. 두 가지 모두 다 약 90%의 뛰어난 원적외선 차단율을 보여주고 있다.

최근에는 이스라엘에서 널리 사용되고 있는 "폴리온"으로 만든 PE 비닐필름을 테스트 하였다. 이 비닐필름은 광분산의 성질을 가진 "IR 504" 형태이다. 380nm 까지 자외선 차단율 포함하여 88% 이상의 가시광선에 있어서 투광율을 보여준다. 산광율은 50% 정도이다. 그 필름의 원적외선 차단율은 90% 정도 이다.

지금까지 살펴본 결과들을 통해 알 수 있듯이, 어떤 형태의 비닐필름이나 온실이라도 필름에 붙어있는 이물질과 먼지를 제거해야 해야 할 필요성이 있다. 두께가 0.2mm이며 매우 강한 기계적 강도를 가진 "솔라릭"과 같이 직조한 새 PE 비닐필름은 총 투광율이 91-92% 사이인 일반적인 PE 필름과 비교하여 88%정도이다. 이것은 먼지량이 많은 이스라엘과 같은 환경에서는 다른 광량 감소 조건에 비교하여 볼 때 중요하지 않은 차이이다. 이러한 차이점은 일정 기간동안 사용된 "솔라릭" 필름에서 찾아 볼 수 있다. 직조필름의 대표적인 제품인 "솔라릭" 필름은 3년이 지난 후에도 83%의 투광율을 유지한다는 것이다.

유럽에서는 일반적으로 PE 필름이 사용되고 있다. 이것은 투광율이 최고 약 92%나 되고 이것은 낮은 광량을 가지고 있는 유럽 환경에 필요하다. 그러므로 자외선 전부를 차단하는 자외선 차단제가 포함된 비닐필름을 사용하지 않는다.

"잔도르"와 프랑스에서 만든 비닐필름과 전체 자외선을 차단하는 "솔라릭", PVC 에레츠(자외선 차단) 그리고 유럽산 제품과 비슷한 첨가제가 전혀 들어가지 않은 "지네

갈" 비닐필름 등을 비교하였다. 두께가 0.15mm의 두께의 PE 비닐필름의 광투과율은 2-3년 동안 좋다. 유적(流滴) 효과는 2년 정도 유지되며, 가온온실에서는 더 오래 유지되지 않는다. 이때는 적당한 혼합물을 뿌려주는 것이 필요하다. UVA와 자외선 필터는 원적외선 첨가제처럼 점차 손실된다.

"지네갈"나 "솔라릭"과 같이 산광이 많이 되는 비닐필름에서 측정된 광투과량은 투명 비닐필름에 비교해서 약간 낮았다. 이러한 점은 많은 양의 광을 필요로 하는 식물이나 직사광선을 필요로 하는 식물에 있어서는 적지 않은 영향을 줄 것이다. 그러나 산광 되는 특성은 크고 음지가 생기기 쉬운 식물에게 음지의 형성을 방지하고 광을 고루 퍼지게 하는데 효과적이다. 어떤 경우에서든지 높은 투과성이 장기간 유지된다는 점을 고려한다면, 이것은 장기간으로 볼 때 그다지 큰 문제는 아니다.

PVC(에레츠)제품에 있어서 이스라엘이 생산하는 "솔라릭" 그리고 "지네갈"(장미와 Sunselektor)은 자외선 범위를 완전히 차단하는 특성이 있다. 이러한 특성은 자외선을 차단하고 강한 태양광선을 막아준다. 비닐필름을 안정시키는 자외선 필터 첨가제는 장미의 흑화현상을 막아주고 병충해에 감염되는 것을 방지한다. 수정을 위해 꿀벌이 사용되는 온실 안에서는 자외선이 필요하지만, 이와 같이 자외선을 차단하는 필름 안에서는 일주일 정도 지나면 적응하여 다시 활동한다.

태양광선의 파장을 선택적으로 조절할 수 있는 새로운 형태의 비닐필름이 있다. 이것은 온실 안의 온도를 감소시키는 근적외선을 걸러낼 수 있게 하여 준다. 그러나 그러한 비닐필름은 투과율이 적다는 것이 문제이다. 이러한 비닐필름을 실험 검토해 보지 않았지만 큰 관심을 일으키고 있고 충분히 검토할 만한 가치가 있다는 것은 명백한 것이다.

2. 수입산 직조필름의 국내 이용 사례 조사 결과

현재 전세계적으로 사용되고 있는 직조필름 가운데 이스라엘에 있는 팔릭사의 솔라라이트 필름의 헤이즈(Haze)를 조사한 결과 48.7(보관 1년 후)로 일본의 아사히글라스사가 생산하는 불소수지 필름 4.6에 크게 미치지 못하고, 국내산 EVA 필름 19.0보다 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 경기도 광주지방에서 장미를 재배하는 농가에

서 7년 사용한 솔라라이트 필름의 경우 거의 헤이즈의 경시적인 변화가 없이 필름이 광에 안정된 것으로 나타났다. 그러나 일부지방에서 나타난 광 부족을 현장 조사한 결과 필름을 실내에 보관하지 않고 야외 방치에 따른 무적제의 백화현상(migration)이 발견되었다.

가. FT-IR 분석 결과

실험실에서 분광광도계(UV-VIS)를 이용하여 분광 피크를 살펴 본 결과 이스라엘의 팔릭사의 솔라라이트 필름이 자외선 흡수제를 주로 사용하나 HALS(hindered amine light stabilizer) 도 혼용하여 자외선 안정성에 대하여 최대의 효과를 보고 있는 것으로 생각된다.

나. 인장강도 측정 결과

인장강도는 2종의 샘플에 대하여 각각 738.5 kg/cm^2 과 831.5 kg/cm^2 로 국내에서 사용하고 있는 국내에서 사용하고 있는 일반 사업용 직조필름인 타포린보다 상당한 높은 인장강도를 보였다. 이는 원료의 구성과 작업방법에 있어 세밀한 조정과 혼합이 이루어진 것으로 추정된다.

다. 자외선 차단 효과

자외선 차단율이 85%로 플라스틱 제품으로는 거의 완벽한 자외선 흡수 효과를 나타내었다.

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 기능성 첨가제의 선정

1. 자외선 차단

플라스틱 제품의 사용 내구성을 높이기 위하여 여러 종류의 첨가제가 사용되어 왔다. 초기에 사용된 열 안정성이 없는 Nickel Quencher, benzophenones 과 benzotriazole 이 주요 물질인 자외선 흡수제, 빛과 열에 의한 degradation을 지연하는 목적으로 자유전자를 포획하는 HALS(hindered amine light stabilizer), Hals의 황이나 할로겐 화합물에 내농약성을 갖게 제조된 Enhanced HALS, NOR(non interacting HALS)가 있다.

이중 자외선 흡수제는 시바사의 Chimassorb 81 과 Tinubin 327,328 이 주로 사용되어 왔으며 자외선을 흡수하여 열로 방출하는 관계로 두꺼운 필름인 약 150 micron 이상의 필름에 권장되며 수지와 상용성 (compatibility) 이 나빠 다른 안정제와 혼합하여 농업필름에는 장미꽃의 흑화 예방(petal color)이나 해충이나 곰팡이의 증식억제를 막는 용도에 사용이 된다.

본 연구에서는 이 자외선 흡수제를 산화방지제와 함께 제조한 MB를 처음에는 Ampacet 제품을 사용하였으나 완성품에서는 이스라엘 팔릭사의 MB를 사용함으로써 기대하는 품질을 얻을 수 있었다. 생산된 제품은 자외선을 90% 이상 차단하여 보통 자외선 차단 표준을 88%를 넘을 수 있었다. 장기사용에 있어서는 기존의 솔라릭 필름을 비교하여 분무 내후성 시험기인 QUV로 실험을 하였으며 한정된 1,200시간의 실험 결과의 인장강도는 솔라릭 필름에서와 같이 별 변화가 없어 괜찮으나 좀더 진행하여야 어느 정도 내구성을 가지는지 판단할 수 있겠다.

QUV/spray 시험기



QUV(내후성)실험

TEST 및 강도 측정 결과			
<QUV 조건>			
UV	8시간	60℃	
CONDENSATION	4시간	50℃	
SPRAY	5분		
<강도측정기 조건>			
시료의 크기	세로:15CM, 가로:7.5CM		
100MM/MIN			
1. 테스트전			
시료명	MAXIMUM	DEFLECTION AT	STRAIN(%)

	LOAD(kgf)	ML(mm)	
SOLAR LITE	134.08	20.91	34.85
제조 UVA	86.299	14.075	23.459
1면 CSS	125.2	18.097	30.162
일본 POH	22.436	321045	535.76
LD 70	7.7079	348.58	580.97
EVA 70	9.1378	187.89	313.15
2. 300시간 경과후			
시료명	MAXIMUM LOAD(kgf)	DEFLECTION AT ML(mm)	STRAIN(%)
SOLAR LITE	127.255	20.351	33.919
제조 UVA	86.679	12.695	21.158
1면 CSS	109.04	18.311	30.518
일본 POH	18.741	276.595	460.99
LD 70	8.39755	56.5205	94.2005
EVA 70	9.97215	109.6015	304.86
3. 600시간 경과후			
시료명	MAXIMUM LOAD(kgf)	DEFLECTION AT ML(mm)	STRAIN(%)
SOLAR LITE	140.405	17.326	28.875
제조 UVA	88.474	15.383	25.639
1면 CSS	122.01	20.852	34.753
일본 POH	18.62	242.99	404.98
LD 70	7.372	34.371	114.57
EVA 70	11.55	194.815	324.69
4. 900시간 경과후			
시료명	MAXIMUM LOAD(kgf)	DEFLECTION AT ML(mm)	STRAIN(%)
SOLAR LITE	137.215	19.582	32.637
제조 UVA	81.183	15.229	25.382
1면 CSS	118.545	19.481	32.468
일본 POH	14.612	245.305	408.84
LD 70	5.346	16.272	27.12
EVA 70	11.18	240.115	400.19

5. 1200시간 경과 후			
	MAXIMUM LOAD(kgf)	DEFLECTION AT ML(mm)	STRAIN(%)
SOLAR LITE	127.01	18.94	31.566
제조 UVA	83.131	15.784	26.315
1면 CSS	121.57	17.403	26.355
일본 POH	16.083	249.94	416.57
LD 70	1.145	4.593	7.654
EVA 70	10.648	224.79	374.645

2. 광 산란

직조필름은 HDPE를 사용하여 직조를 하는 공정이 있어 기본적으로 산란이 조정되는 구조를 가지고 있다. 직조된 양면에 LDPE를 코팅함으로 직조 외층의 표면의 거칠기를 완화시켜 광선의 투과율은 높이며, 직조 내층의 표면 거칠기를 없애 직조와 직조 사이의 안쪽 표면상태는 그대로유지한 채로 광선을 투과하게 된다. 직조원단은 필름 압출 상태와 연신상태에 따라 강도와 표면상태가 결정되며 이는 필름압출에 있어서는 일반필름과 동일하며 단지 연신의 온도와 냉각속도를 고려하여야 된다.

또한 야간의 복사냉각을 막기 위하여 보온제의 첨가가 필요한 바 이 입자의 크기와 물질의 굴절율은 광선의 투과율과 산란율에 지대한 영향을 미친다. 직조필름은 HDPE(밀도 0.96)를 직조층에 사용하는 관계로 LDPE(밀도 0.92) 코팅층 내에 있는 직조층 경계면에서 산란이 일어난다. 직조내층의 산란과 HDPE와 LDPE 경계면의 투과시에 직조 필름의 합산 산란율은 측정 결과가 없지만 보온제의 사용 종류에 대한 것은 투과율과 함께 쉽게 판별이 가능하여 선택이 쉽다. 본 개발에 있어서는 이스라엘의 Tosaf 사것을 처음 채택하였으나 투과율이 문제가 있어 무적 MB의 기술이 있는 독일의 Argus사 것을 채택하여 투과율을 높일 수 있었다.

광 투과율 비교

시료명	TP	TD	TT	HAZE	비 고
Solar-light 미사용	50.10	38.90	89.00	43.70	
SIDE 한면 미사용	53.40	33.00	86.40	38.20	
LUD-SV 1년	41.80	42.00	83.80	50.10	
4년사용 일본 H사	45.70	36.30	82.00	44.30	
일본 불소필름	88.70	3.90	92.60	4.20	
개발 직조필름	32.10	55.90	88.00	63.50	
신품 일본 H사	72.80	16.50	89.30	18.50	

3 . 방적성

본 개발에 있어서 코팅의 압출온도 320°C 의 고온을 견디고 16-20개월의 지속기간을 가지는 방적효과를 발휘하는 내부 첨가제의 선정은 기본적으로 제한적일 수 뿐이 없었다. 이러한 제한요건에서의 지속효능은 첨가형으로는 발표된 바가 없어 솔라릭 필름에 사용되는 첨가제를 구입하여 사용할 수 있었고 코팅시 압출온도를 300°C 로 내리고 자체열의 생성을 억제하기 위하여 압출속도를 줄임으로 기능제의 분해를 줄일 수 있었다.

차후 이 첨가제의 성분 연구로 좀 더 좋은 MB를 제조한다 하더라도 시간이 많이 걸리고 사용용도가 제한적인 관계로 개발효용에 대해서는 의문이다. 차라리 일본업체들의 개발방향인 도포형식의 코팅 방법을 사용하여 영구방적성, 내마모성 등을 높이는 방향이 더 유용하고 차후 활용성도 많을 것이다.

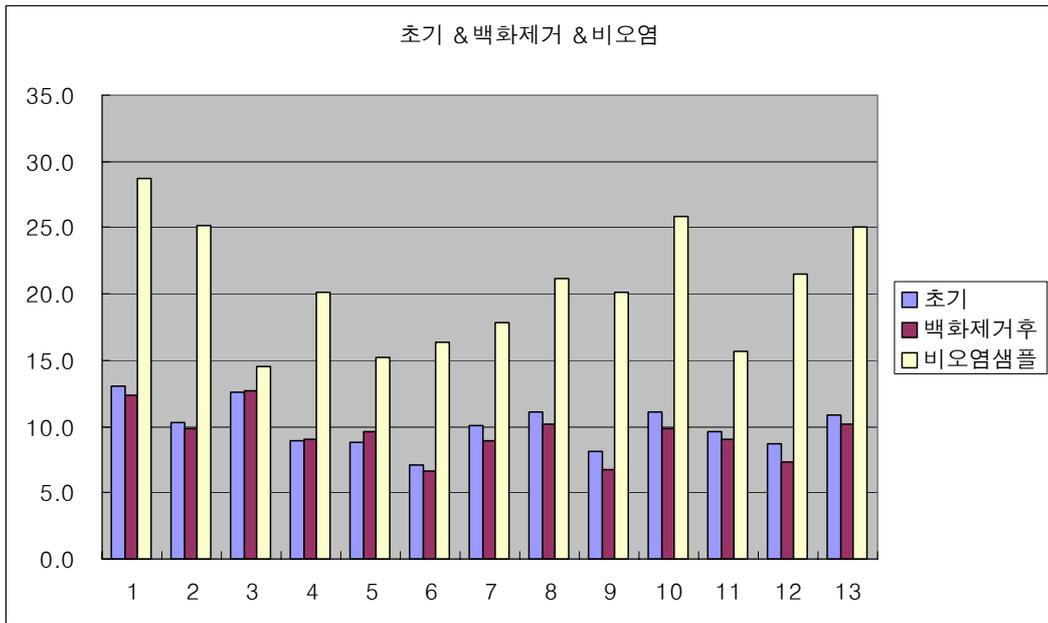
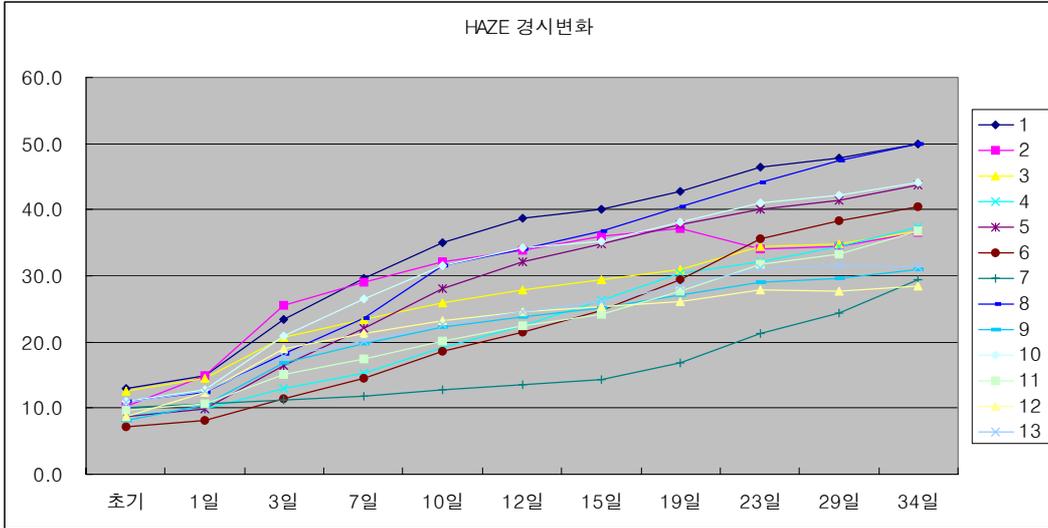


방적성 시험 상태

본 개발에서는 독일 Argus의 제품을 사용하여 GC 분석으로는 Ester가 아닌 Ether 반응의 미지의 물질이라는 정도만 확인 하였으며 코팅 작업표준을 변화시킴으로 생산이 가능하게 되었다.

이와 결부되어 일반 피복필름의 백화현상이 간혹 문제가 되는 현상이 발생되어 광투과율 저하문제로 인하여 민원이 일어나는 경우가 있고 직조필름은 장기간 사용에 있어서는 첨가제의 표면이행이 더욱 중대한 문제이기에 이에 대한 현재까지의 연구와 현상을 예시한다.

수입된 직조필름은 일반 농업용 필름이 강도와 첨가제의 수용을 위하여 EVA 필름을 혼합하여 방적제의 Migration과 함께 백화현상이 뚜렷하게 발생하는것에 비하여 수입된 이스라엘의 직조필름은 이런 불만은 없었다. 이는 직조필름이 코팅용 LDPE를 사용하여 원료자체의 슬립제등이 없이 제조되어 표면상태가 오염이나 Migration 억제에 유리하고 직조필름의 특성상 외부와의 열 전도가 적어 온도차가 급격하지 않은 점이 원인이 아닌가 추측된다. 광 투과율과의 상관관계의 실험은 측정이 안 되었으나 흐림도를 통한 일반 농업용 필름의 백화현상은 거의 경과시간에 따른 비례적인 관계를 유지하였으며 이미 여러연구를 통해 알려진 바와 같이 기재 사용 원재료와 첨가제 종류의 상용성에 따라 차이가 많이 발생되었다. 차후 직조필름에 있어서 방적제를 개발하는 기회에 사용 첨가제의 비율과 Migration양, 투과율과 Migration양에 대한 상관관계를 다시 검토하여야 한다.

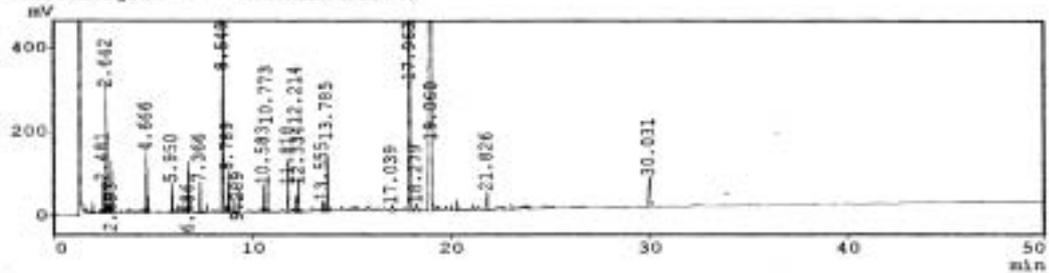


수입 내부 혼입형 방적제 분석

```

CLASS-GC10 Ver.=2.01 SYS=1 Ch=1 REPORT.NO=1 DATA=EE.D48 04/09/16 15:58:08
Sample      : 부영 M/B
ID          :
Dilution Factor: 1
Inj. Volume  : 1
Type       : Unknown
Detector    : WFID
Operator    : WOO
Method Name : BHT.M01
    
```

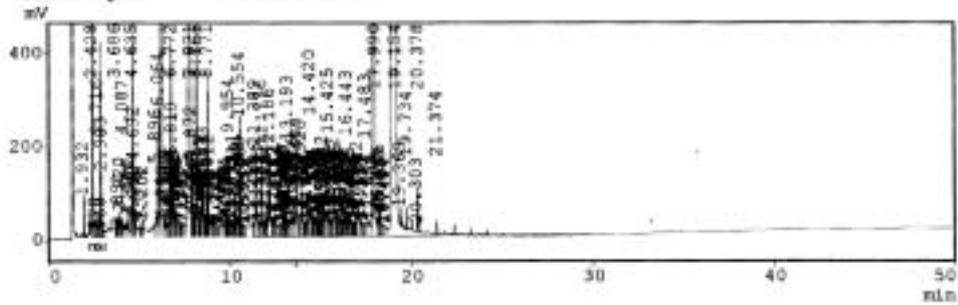
*** Chromatogram *** Filename:EE.C48



```

CLASS-GC10 Ver.=2.01 SYS=1 Ch=1 REPORT.NO=2 DATA=EE.D89 04/09/23 19:58:08
Sample      : 부영 지방산분석
ID          :
Dilution Factor: 1
Inj. Volume  : 1
Type       : Unknown
Detector    : WFID
Operator    : WOO
Method Name : BHT.M01
    
```

*** Chromatogram *** Filename:EE.C89



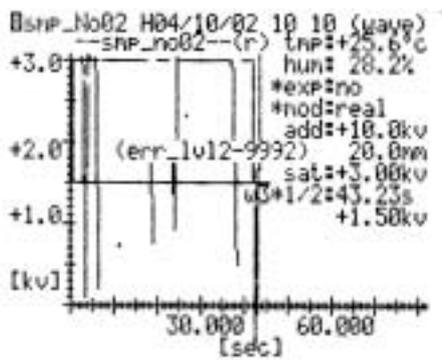
4 . 기타 첨가제

전술한 무기 보온제의 XRF 측정 결과는 Si,Al,Na,S,K,Ca,P, 성분들이 검출되며 주된 성분은 Si와 Al로 MB중에 중량비 7.87대0.86% 이다. 이는 내마모성에 우위를 보이는 Al 함량이 적고, 국내에 쓰이는 보온제의 함량비율과도 차이가 많다. 방적성에 다른 영향을 주지 않는다면 차후 변경하는 것도 고려 된다.

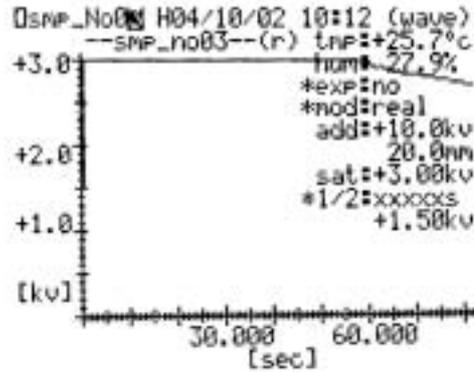
직조필름의 대전성 경시변화 확인

대전방지 측정자료 (10월2일)

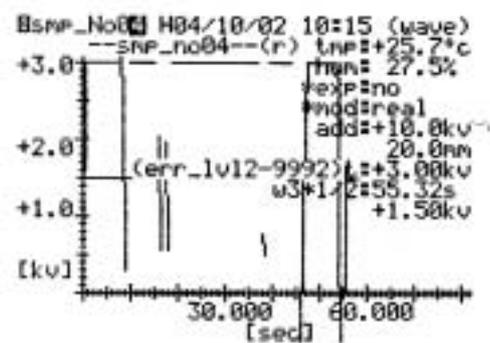
① LS 측정면



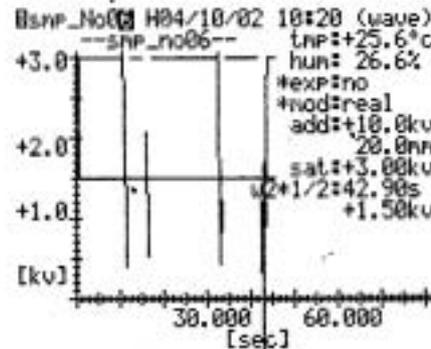
② HANA 측정면



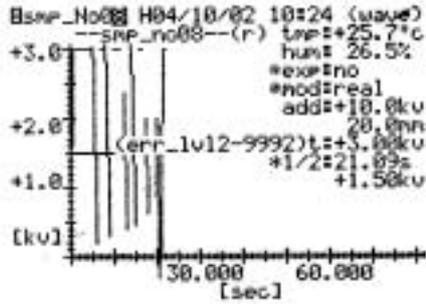
③ UVA



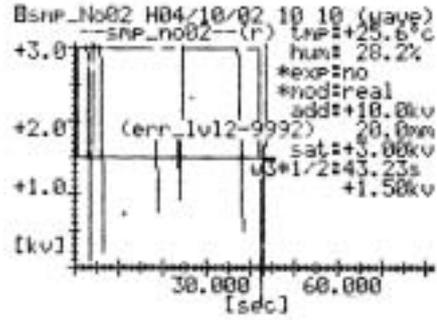
④ SL 측



⑤ SS 측정면



⑥ 그린뱅크

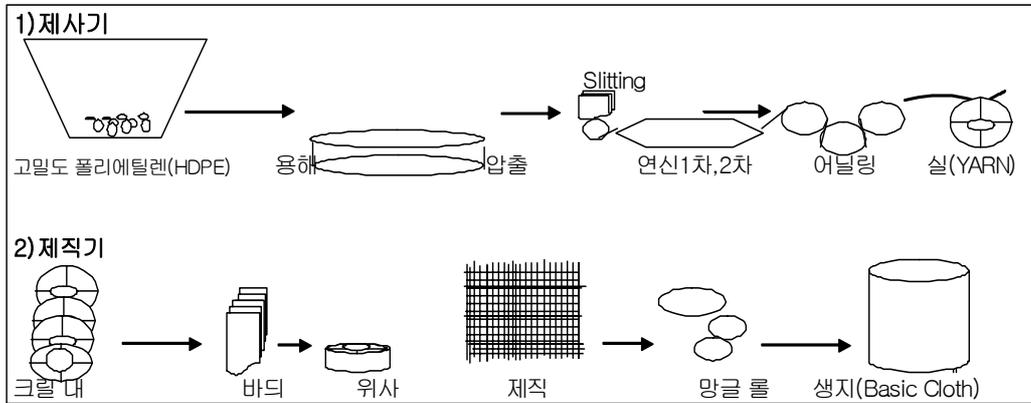


제 2 절 제조 방법의 표준화

시험 생산 결과

이와 같은 기본 내용으로 압출연신코팅을 실시하여 시제품을 생산하였다. 이에 들어가는 M/B는 이스라엘에서 사용하고 있는 독일의 무적체와 이스라엘 사의 보온제 미국의 U.V.A를 사용하여 테스트를 진행시키고 각기의 M/B에 대한 분석 및 제조는 진행사항에 따라 우선 부족한 분이 있을 경우 이에 추가 보완하기로 하였다. 이상과 같은 배경으로 시범생산을 2003. 3월 논산공장에서 수일간에 걸쳐 실시하였다. 그후 기계장치를 보완하여 2004. 3월 시제품 생산을 성공할 수 있었다. 그 뒤 기본적인 성능검사 결과는 대체로 만족하였다.

1. 압출 연신 공정



직조원단을 만들기 위한 필름압출과정은 개발품의 기본 골격을 만드는 제일 중요한 공정이다. 기본적으로 인장강도 등의 물성은 이와 같은 직조필름에서 HDPE를 연신 한 결과로 나타나므로 Flat yarn의 생산 시 품질 기준을 엄격하게 적용하여야 한다.

일반 타포린의 생산 시 Flat yarn grade 인 국내의 원료 공급처인 S사를 위시하여 국내 회사의 원료를 압출분석하여 FT-IR 스펙트럼을 조사한 결과 C=C 결합이 가장 적게 나타난 S사에서 공급한 HDPE를 선정하였다. 또한 강도를 높이기 위하여 H사의 LLDPE grade를 전체적으로 10%를 넣어 처음에 압출 연신하여 생산자료를 수집하였다. LDPE는 일반적인 Auto clave 공법의 coating grade를 사용하여 원료 배치당 균일성이 조금 떨어지나 물성이 우수한 H사의 coating grade를 사용하였다.

가. Woven cloth 생산 시 발견된 문제점과 대책

(LLDPE 혼합 사용)

연신 실테이프의 두께의 편차가 너무 심하여 제직이 제대로 이루어지지 않는다. 실이 갈라지고 뒤틀리는 현상, 위사가 제직기의 끝까지 가지 못하고 중간에 멈춤, 위사가 자주 끊어지는 현상 등이 나타났다. 테이프의 편차가 10% 이내이어야 양질의 테이프 생산이 가능할 것으로 판단된다.

<생산조건>

- a. 10×10 mesh 1200 Denier
coating ; dir 70 ~ 80g/m²
weight of woven cloth ; 125g/m²
total weight ; 170 ~ 180g/m²
- b. UV 14%
proceeding aid 1%
LDPE 10%
HDPE 75%
- c. 조건
유황노출환경 3년 보장
anti-fogging 16 ~ 20개월
- d. 출구
strength 3.6kg
elongation 30%
tape width 2.45 ~ 2.50m
denier 1050 ~ 1150

1차 테스트 (2003. 3. 12)

별도 proceeding aid 1%
LLDPE 한화중합화학 9730 5%
HDPE 삼성중합화학 94.5%
proceeding aid 0.5%
stretch ratio 6.7:1

결과 ; 실의 강도 약 2.0kg과 denier(912D) 현격 미달

2차 테스트 (2003. 3. 12)

별도 proceeding aid 1%
LLDPE 한화중합화학 9730 5%
HDPE 삼성중합화학 94.5%

proceeding aid 0.5%

stretch ratio 6.7:1

약간의 penation 조절

결과 ; 실의 강도 약 2.27~3.03kg과 denier 990~1100D)로 약간 개선되었으나 연신이 제대로 안됨

3, 4차 테스트 (2003. 3. 12)

별도 proceeding aid 1%

LLDPE 한화종합화학 9730 5%

HDPE 삼성종합화학 94.5%

Proceeding aid 0.5%

Stretch ratio 6.7:1

약간의 penation 조절

결과 ; 2차 테스트와 유사 결과 도출

5차 테스트 (2003. 3. 13)

현대ST308 100%

결과 ; LLDPE로 테이프 생산에 당사가 익숙치 않아 Bubble 형성 실패 온도 조절로 Bubble은 형성되었으나 Blocking 문제 발생 (T-die가 아니라 Blocking 이 생김)

6차 테스트 (2003. 3. 13)

현대ST308 98.5%

Anti-Blocking 2%

Proceeding aid 1%

U.V.A 0.5%

결과 : Blocking 이 생김

7차 테스트 (2003. 3. 13)

현대ST308 83.5%

Anti-Blocking 2%

Proceeding aid 0.5%
U.V.A 14%
결과 : Blocking 이 생김

8차 테스트 (2003. 3. 13)
현대ST308 80.5%
Anti-Blocking 5%
Proceeding aid 0.5%
U.V.A 14%
결과 :

※ 원료의 HDPE와 LLDPE 변경 시 작업온도 (테이프)

Cylinder#1	155.
Cylinder#2	200
Cylinder#3	180
Cylinder#4	175
Cylinder#5	175
Head Cylinder	205
Die#1	205
Die#2	205

9차 테스트 변경작업온도 <HDPE 사용> (2003. 3. 14)

Cylinder#1	190.
Cylinder#2	210
Cylinder#3	230
Cylinder#4	225
Cylinder#5	230
Head Cylinder	210
Die#1	195
Die#2	195 로 작업하여 coating에 사용할 수 있는 원단 생산



압출 연신 표준

가. 압출 공정 표준

압출 작업 온도 Cylinder 1 : 200도, Cylinder 2 : 225도, Cylinder 3 : 225도, Cylinder 4 : 225도, Cylinder 5 : 225도, Head C : 190도, Die 1 : 190도, Die 2 : 180도

연신판 조정 상1: 65도, 상2: 98도, 하1과 하2 각기 동일 온도

연신 롤러 속도: 1차 20RPM, 2차 155RPM, 3차 152RPM

나. 품질검사기준

가. 사폭 : $2.50 \pm 0.03\text{mm}$

나. 중량 : $1100 \pm 70\text{Denier}$ (1170 ~ 1030)

다. 강도 : $>3.20\text{kg}$

라. 신율 : $>30\%$ (6cm 이상) - Test 기준 20cm

마. 수축율 : $<5\%$ - Test 기준 20cm 길이에 필름을 100°C 에 1분간 담근다.

다. 품질검사방법

가. 보빈 30개당 2개씩 선별 측정한다. ($320\text{개}/30=10\text{개}$) - 상단 5개/하단 5개

나. 선별된 보빈 마다 각 2개의 샘플을 선별 측정한다.

다. 최초#1 보빈은 앞부분 약 5m 정도와 마지막을 측정하고 그 다음 #2번 보빈부터 마지막 부분에 약 5m 가량을 채취하여 품질검사를 한다.

라. 배합비

현대ST308: 10%

HDPE FY : 75.5%

UVA : 14%

PA ; 0.5%

2 . 직조 공정

Tape yarn 이 만들어 진 후 평직을 하기 위하여 경사실을 추려 경사로만 짜여진 약 500m 이상의 경사 물을 만들어 이를 복실인 위사와 합쳐 교직하게 된다. 이는 일반적인 직조 과정과 동일하므로 Tape yarn이 유연성이 일정하고 두께의 편차없이 일정하다면 작업은 수월하다.

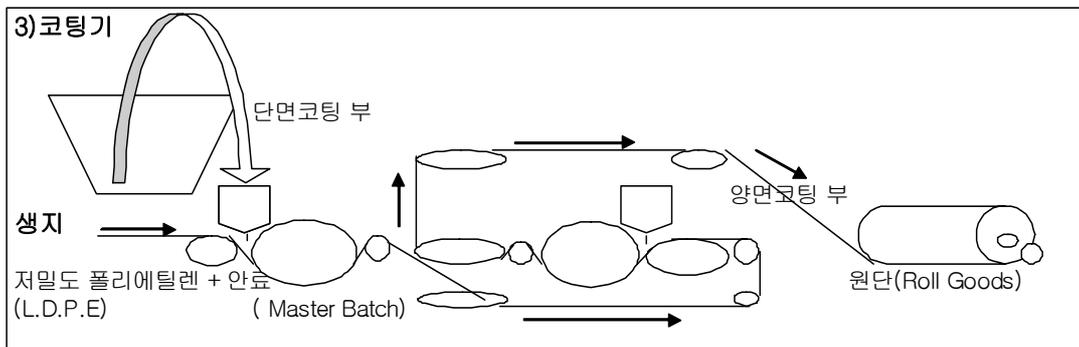
표준 공정으로 압출 연신 하여 Tape yarn 의 품질이 안정되어 직조작업에 무리가 없었음. 단 생산직기가 전부 Waterjet이어서 코팅공정에서 건조를 위하여 20도의 온도를

더 올려 건조공정을 거쳤음.

표준속도 분당 700RPM으로 확정



3. Coating 공정



코팅 공정에 있어 고려하여야 될 점은 원단인 HDPE와의 접착이다. 접착을 강하게 하기 위하여 전처리 공정으로 원단을 예열하여 원단 표면의 습기를 제거함과 동시에 압출코팅 할 면을 활성화를 시켜 준다. 이때 예열이 강하여 원단의 강도를 낮추지 않도록 원단 속도와 비례하여 적정온도를 조정한다. 농업용의 경우는 첨가제가 많이 들어

가는 관계와 압출온도가 높음으로 인하여 압출기 내에서 압력을 적게 받아 자체열을 줄이기 위하여 코팅 속도를 줄이는 것이 필요하다. 본 개발에 있어서는 일반적인 작업 속도 180m/분을 100m/분으로 줄여 제품을 완성하였다.

표1. Coating test 온도변화 목록 (2003. 3. 17)

	1차	2차	3차	4차	5차
Cylinder#1	180	180	180	180	180
Cylinder#2	250	250	250	250	250
Cylinder#3	265	265	265	265	265
Cylinder#4	270	270	270	270	270
Cylinder#5	280	280	280	280	280
Cylinder#6	280	280	280	280	280
Adter	280	280	280	280	280
Screw	270	280	280	280	280
Disc#1	270	270	275	275	275
Disc#2	270	270	275	275	275
Disc#3	275	275	275	275	280
Disc#4	275	275	275	275	280
Disc#5	265	265	265	260	265
Disc#6	265	265	265	260	265
Disc#7	265	270	267	267	267
Disc#8	265	275	275	275	273
Disc#9	265	270	270	270	270
Disc#10	275	275	275	275	275
Disc#11	275	275	275	275	275
Disc#12	270	275	270	270	270
Disc#13	270	270	270	270	270

기타 - screw rpm 은 최초 36.3 이었던 것을 4차 테스트 -47로 조정
5차 테스트 -41로 조정하였음

코팅 배합 기준

일면코팅 LLDPE (한화9730) 63.0%

Proceeding aid 10%

Anti-Fogging 10%

U.V.A 17%

코팅중량 40±3gr/m²

과열강도 21kg

예상수축율 1-2cm

후면코팅 LLDPE (한화9730) 68.0%

Proceeding aid 10%

IRA 5%

U.V.A 17%

코팅중량 $40 \pm 3 \text{gr/m}^2$

과열강도 15kg

예상수축율 1cm

이와 같은 조건으로 제품 생산을 하여 품질을 평가하였고 외관을 비롯하여 만족할 만한 결과를 얻음.

코팅기 압출온도는 일반적인 온도 320도를 약 30도 낮추어 작업을 할수 있었다.

표준: Cylinder 1 : 180도, 2 : 272도, 3 : 285도, 4: 290도, 5: 295도, 6 : 290도, 7 : 290도, 8 : 290도, 9 : 290도, 10 : 290도, AD : 290, SD : 230, SF : 100도.



4 . 접착 공정

PE나 PP를 사용한 Olefin 계열 제품의 경우 제품의 표면energy 가 낮아 접착에 있어 어려움을 겪게 된다. 본 개발품은 직조 공정의 한계로 인하여 제품 폭에 제한이 있을 수 밖에 없다. 제한 된 폭을 겹쳐서 붙이는 Welding 작업은 본 제품이 PE를 사용하므로 용융시 분해성이 없는 PE의 보편적이고 무난한 열 접착 방법을 쓰는 것이 추천 된다. 보통의 직조 원단의 접착 방법은 겹쳐진 원단의 아래 위를 작업속도에 맞추어 적당한 열을 가하고 눌러서 마무리를 한다. 그러나 본 제품은 수년간의 수명을 보장하기 위하여 접착면이 완전하여야 할 필요성이 있어 뜨거운 수지를 압출하여 붙이는 방법과 원단이 겹쳐 접착하는 안쪽면에 뜨거운 열풍을 가하여 녹여 누르는 토목공사의 PVC 접착방법과 같은 방법을 사용하여 만족한 결과를 얻을 수 있었다.

검사 표준

peel strength: jaw 간격 7.5cm이상에서 1.0kg 이상의 국제규격을 만족

일반적인 접착 표준

원단 조직	중량	M/분	온도(섭씨)	비고
7x7	80	43	350-360	
8x8	90	40	400-410	
10x8	100	38	430-440	
10x9	110	36	450-460	

10x10	120	34	460-470
12x10	150	33	470-480
12x12	160	32	490-500

직조필름 접착 표준

수입된 직조 필름의 접착 겹친 폭 4cm를 겹치는 방법을 택하며, 특정 사용용도에 따라 8cm도 가능한 것으로 하여 농업용의 경우 전자를 표준으로 한다.

작업에 따른 표준은 속도는 주위 온도에 따라 가감을 하나 분당 5m를 기준으로 한다.

접착후 압력은 4 kg으로 하며 열풍의 온도는 파손위험을 생각하여 370-400도C 중 370도에 가급적 맞춘다.

사용 기계 형태



제 3 절 직조형 필름의 광 산란 및 자외선 차단효과 구명

1. 연구배경

우리나라는 여름과 겨울의 기온차이가 심하여 연중 시설을 이용하기가 어렵다. 그러나 시설에서 생산된 농산물의 가격을 고려하여 시설의 생산성을 따진다면 겨울철에 가온과 보온을 실시하여 작물을 생산하는 것이 우선적이다. 이러한 시설의 이용 상 특성 때문에 농가에서는 보온성을 강화하기 위하여 다중의 피복은 물론이고 보온커튼과 터널을 설치하여 영농을 하고 있는 실정이다. 그 결과 비닐하우스의 환경은 광 투과율이 떨어지고 다습하여 생육이 저조하고 병해가 많이 발생하게 된다. 특히 시설고추와 같이 유인관리가 수직으로 이루어지는 작물에 있어서는 생육 중반부터 후반에 이르기까지 식물체의 아래 부분까지 광이 유입되지 못하여 작물의 생산성을 크게 저해하고 있다. 보통의 경우 광 투과율이 10% 미만에 그친다.

이러한 문제점을 개선하기 위해서는 광 이용율을 극대화시키기 위하여 반사필름이나 산광성 피복자재를 이용하는 노력이 필요하다. 진 등(2001)은 플라스틱 피름 시설에서 시설고추를 재배할 때 이스라엘에서 도입된 산광성 직조필름을 사용하면 시설에서 일사량의 투과율은 일반적인 폴리에틸렌필름보다 10% 정도 낮고, 광합성 유효광의 투과율은 4% 정도 낮은 수준을 보이지만 광 산란율이 46% 나 되어 도복을 억제하고 분지각을 크게 하여 시설고추의 균락생산 구조를 향상시킬 수가 있다고 보고하였다. 피복자재의 광 산란율에 대하여 Godbey 등(179)은 섬유유리(fiberglass)에서 89%, 유리에서 24%, 폴리에스터(PET)나 폴리카보네이트(PC)에서 23% 정도를 나타낸다고 하였다.

태양의 방사에너지는 시설의 기온이나 지온에 밀접한 영향을 미치어 유입된 방사에너지가 많고 방출되는 에너지가 적으면 시설의 열수지를 유리하게 하여 보온효과를 높이게 된다. 이러한 시설의 열수지에 가장 큰 영향을 미치는 것은 피복자재이다. 피복자재는 소재에 따라 PE, EVA, PVC, PC, PET 및 유리 등 다양하지만 형태에 따라서는 단층 혹은 복층으로 구분된다. 하지만 무엇보다도 중요한 것은 피복자재의 투과율이 높아야 한다. 그리고 경제성과 작업성과 확보되려면 가격이 저렴하고 내구연

한이 길어야 하며 시공이 간편하여야 한다. 피복자재의 보온성을 향상시키기 위해서는 열선인 장파의 방사가 억제되어야 한다. Godbey 등(1979)은 피복자재에 따른 장파 방사율은 유리의 경우 3% 정도로 매우 낮지만 폴리에틸렌(PE)은 80% 정도로 높아 보온성이 떨어진다고 하였다.

식물의 광합성에 유효한 광 파장에 대하여 피복자재의 선별적 투과율이 다르다는 많은 보고가 있는 데 McNauton 등(1981)에 의하면 피복자재의 광합성유효방사(Photosynthetically Active Radiation)의 투과율은 PE, EVA 및 PVC 등에서 88~90%, 유색 필름은 65~75%, 경질 아크릴(Acrylfute) 및 유리강화섬유(Durolite)는 76~82%, 경질 PVC(Novarof)는 종류에 따라 63~73%를 각각 보였다고 하였다. 뿐만 아니라 장파 투과율은 경질 FRP, 경질 PVC 및 복층 아크릴이 5% 미만이고, PVC 필름이 10~12%, PE와 EVA 필름은 40~69% 정도이며, 우리에서는 장파 투과율이 거의 나타나지 않았다고 하였다.

국내의 시설원예용 비닐하우스에서는 피복자재로 폴리에틸렌(polyethylene), 초산비닐(ethylene vinylacetate) 및 염화비닐(polyvinylchloride)와 같은 플라스틱 소재로 만들어진 연질필름을 90% 이상 사용하고 있으나 투광률이 낮아 광합성에 의존하는 작물의 생산성이 감소한다. 투광률 감소의 원인으로는 필름 표면의 물방울 맺힘, 황사와 같은 분진에 의한 오염, 시간이 경과됨에 따라 산화되어 비롯되는 황변현상 등이 있다. 이 가운데 시설내외 온습도의 포차로 나타나는 결로현상으로 필름 표면에 물방울이 맺히는 것이 시설원예 현장에서 나타나는 가장 커다란 문제점이다. 방적성과 방진성의 저하로 시설내 투광률이 5~15% 떨어지고 다습하여 곰팡이와 같은 원인균으로 딸기와 같은 작물에 해로운 잿빛곰팡이병 발생이 심하여 생산성이 크게 떨어지고 있다(Chun 1998, Chun 등, 1997; Jaffrin과 Makhlof, 1990; Kim 등 1995; Park 등 1999)는 보고가 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 비닐하우스 내부에서 에너지를 소비하여 온도를 올리거나 환기를 시켜서 방지하고 있으나 생산비를 올리고 필름의 수명도 단축시키므로 바람직한 방안이 되지 못하고 있다. 따라서 연질필름 제조공정에서 방적성 향상을 위하여 첨가제가 사용되고 있으나 1~3개월 정도의 한시적인 효과를 나타내고 있는 실정이다(Chun 등, 1997; Kwon 등 1996). 한편 플라스틱 필름의 표면의 특성을 개선시키는 플라즈마처리, 코로나처리, 이온조사 등의 방법이 연질필름의 방적성 향상을 위하여 개발되었으나 처리시설 및 비용이 많아 경제적이지 못한 실정이다.

현재 방적성을 향상시키기 위하여 시도되고 있는 다양한 방법들이 연질필름에 적용

이 되어 농가에서 사용될 때, 예상치 못한 환경의 변화 또는 농약작업 등으로 무적성의 정도는 크게 차이를 보이고 있는 실정이다. 이러한 정도 차이는 많은 민원을 발생시키고 있다. 따라서 비교적 가격이 저렴하여 농가에서 손쉽게 구입이 가능하면서 안정적인 방적성이 확보된 피복자재의 개발이 필요하다.

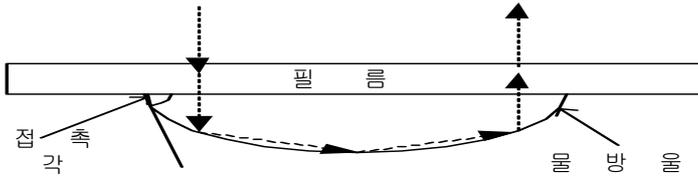


그림 3-1. 필름과 물방울의 접촉각이 크면 방적성이 떨어짐

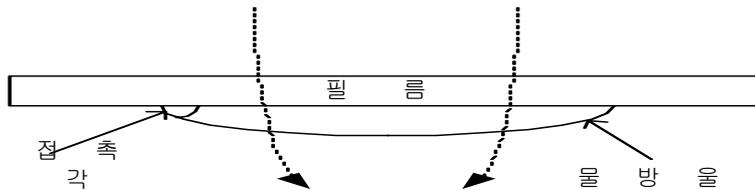


그림 3-2. 필름과 물방울의 접촉각이 작으면 방적성이 우수함

시설원에 작물의 균락생산구조에 대하여 김 등(1997)은 시설유형에 따라 시설 내부로 유입되는 광의 투과율과 산란율이 따라 고추의 분지각과 수관 폭이 다르고, 생육 및 수량도 차이가 난다고 하였다. 이중 광환경이 우수한 유리온실에서의 잎, 줄기 및 과실의 분화수가 많고 건물중이 무거워 균락광합성에 우수한 수관구조를 형성한 것으로 나타났다고 보고하였다. 한편 전 등(1994)은 시설오이를 유인하는 과정에서 줄기의 굴절을 최소화하여 수직으로 유인하는 것이 균락의 수광 태세가 좋아 수량과 품질이 우수하였다고 하였다.

본 시험은 폴리에틸렌(PE)을 기본 소재로 국내에서 개발된 직조필름의 방적성, 산광성 및 자외선 차단이 시설 환경 및 고추의 균락생산구조 및 생육에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

2. 시험방법

가. 방적성 측정

방적성 측정은 진탕항온수조(DS-23SC, DS)를 개조하여 수조 전체를 덮을 수 있는 뚜껑에 직경 10cm 크기로 구멍을 내어 경사각을 30°로 하는 증기발생구를 5개 만들었다. 측정방법은 먼저 수조의 수온을 70°C로 1시간 일정하게 조절한 다음 증기발생구 위에 피복자재를 부착한 유리 소재의 페트리디쉬(샤아레)를 씌우고 10분 간격으로 흘러내린 물방울을 직경 5cm 크기의 플라스틱 페트리디쉬로 받아 정량하였다. 정량한 물을 시간과 면적에 따라 $\text{mL} \cdot 100\text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ 으로 환산하여 유적량을 구하였다.

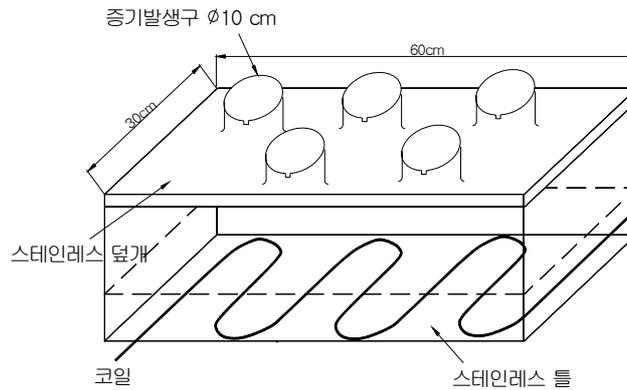




그림 3-3. 진탕항온수조를 이용한 유적량 측정장치 모식도(위) 및 사진(아래)

수적량은 2003년 11월 10일과 11일 시설 내부의 표면에 측정 전일 오후에 동고와 측고 사이 2/3 지점에 직경 9 cm 크기의 원을 유성 매직으로 그린 다음 측정일 오전 10시에 맺혀있는 물방울을 적량하였다. 측정하는 방법은 먼저 직경 9 cm 여과지의 무게를 정량하고 여과지를 수적량에 따라 1~3매 정도 한꺼번에 물을 흡수시킨 다음 정량하여 수적량을 $\text{mL}\cdot 100\text{cm}^{-2}\cdot \text{min}^{-1}$ 으로 환산하였다.

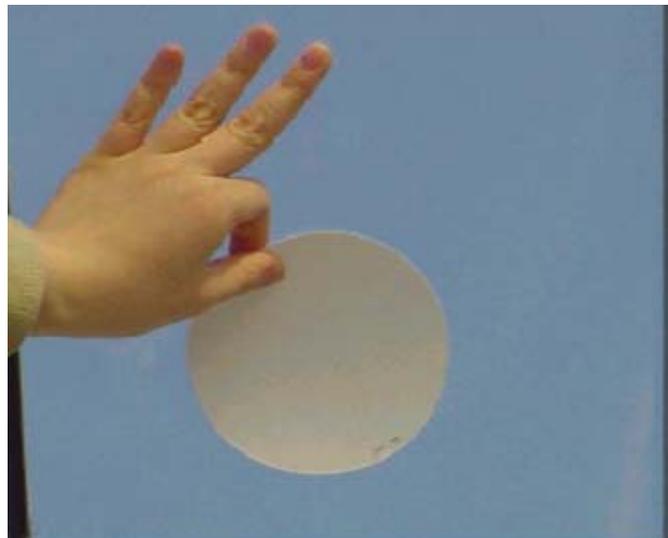
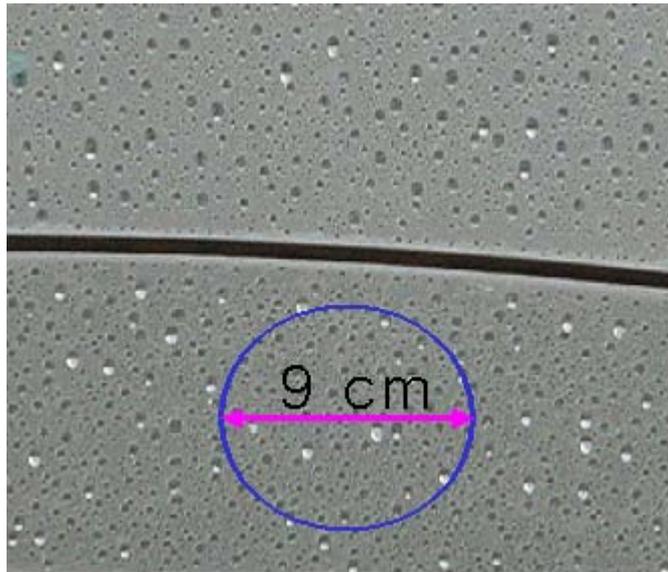


그림 3-4. 시설 내 반원 그리기(위) 및 수적량 측정(아래) 사진

나. 시설 규모 및 환경 측정

1년차 피복자재의 광환경 특성을 구명하기 위하여 2003년 9월 1일에 수원 원예연구소 시험포장에서 FRP 소재로 높이 0.7m, 폭 0.9m, 길이 2.0m 규모의 터널을 만들어 각각의 필름을 씌운 후 파장별 일사투과량은 휴대용 분광광도계(LI-1800, EKO)로 측정하였으며, 시설 내 투과된 일사량은 전천일사계(MS-801, EKO)를 이용하였고, 광합성유효방사계(MF-020P, EKO)로 수평면 일사량에 대한 좌측 수직면 일사량의 비율로 산란광율을 조사하였다.



그림 3-5. 광환경 측정용 터널(위)과 피복 후 계측장치 설치(아래)

2년차 시설환경 측정은 작물재배가 이루어지는 정상적인 시설을 이용하였다. 시설은 측고 1.8m, 동고 3.4m, 폭 6.0m, 길이 33m의 규모의 아치형 파이프 하우스를 사용하였고, 피복은 2004년 3월 30일에 국내에서 시험 개발된 두께 0.15mm의 산광성 직조필름과 산광제가 첨가되지 않은 두께 0.1mm의 폴리에틸렌(PE)필름으로 하였다.

광환경 특성을 구명하기 위하여 2004년 7월 30일에 수원 원예연구소 시험포장에서 파이프 하우스 내부에서 과장별 일사투과량은 휴대용 분광광도계(LI-1800, EKO)로 측정하였으며, 시설 내 투과된 일사량은 광도계(BQM-SUN, Spectrum Technologies Inc.)를 이용하여 측정하였고, 동일 광도계로 수평면 일사량에 대한 좌측 수직면 일사량의 비율로 산란광율을 조사하였다. 시설내 기온은 온도데이터로거(HOBO)를 사용하여 2004년 10월 7일부터 8일 사이에 일변화를 측정하였다.



그림 3-6. 시험 시설 규모(위) 및 광환경 측정(아래)

다. 시설고추 군락구조분석, 생육 및 수량

고추는 50일 육묘된 '녹광'을 2004년 5월 10일에 90×40cm 간격으로 정식하였다. 군락구조를 분석하기 위하여 초고별로 광도계(BQM-SUN, Spectrum Technologies Inc.)를 이용하여 군락내 투광율을 조사하였고, 엽면적계측기(LI-3000, EKO)로 엽면적을 측정하였으며, 절위별 분지수와 분지각 및 줄기와 엽신과의 각도인 엽신각을 각각 조사하였다. 이때 각도는 휴대용 분도기로 측정하였다. 시설 고추를 무가온으로 재배하는 작형에서 정식 후 160일 정도 지난 상태에서 식물체 군락을 조사하기 위하여 30cm 초고별로 비동화기관인 줄기의 건물중과 동화기관인 잎의 건물중을 측정하였다. 이때 과실 무게는 제외하였다. 또한 30cm 초고별 군락 내부 중앙지점에서 초관(canopy) 상부에서 측정한 광도에 대한 상대적인 값을 군락내 투광율로 표시하였다.



그림 3-7. 시설고추 1차분지절(위) 및 상부 분지절(아래)

3. 연구결과

가. 방적성

국내에서 신규로 개발된 산광성 직조필름의 방적성을 분석하기 위하여 수적발생장치를 이용한 수적량과 유적량을 조사하였다. 방적성은 피복소재 표면에서 물방울이 가지는 임계각이 작을수록 우수하기 때문에 피복소재 표면에 붙어있는 수적량이 작을수록 그리고 정해진 시간에 표면을 타고 흘러내린 유적량이 많을수록 우수하다. 따라서 일정한 시각에 측정할 수 있는 수적량과 시간에 흘러내린 유적량으로 측정할 수가 있다. 수적발생장치의 수온을 70℃로 맞추어 놓은 상태에서 1시간이 경과한 후, 필름의 표면에 부착되어 있는 수적량은 기존의 연질필름인 EVA와 PE에 비하여 1/5 수준을 보이고 있다. 그러나 기존에 도입되어 시판되고 있는 외국산(이스라엘) 직조필름과는 비슷한 수준을 나타내고 있다.

반면에 수적발생장치의 수온을 70℃로 맞추어 놓은 상태에서 1시간이 경과한 다음부터 2시간 동안 필름의 표면에서 흘러내린 유적량을 측정한 결과, 개발 중인 직조형 필름에서 1.3배가 많은 유적량을 보였다. 또한 외국산(이스라엘) 직조필름보다는 다소 적었으나 95% 정도의 유적량을 보여 상당한 수준의 방적성을 보였다.

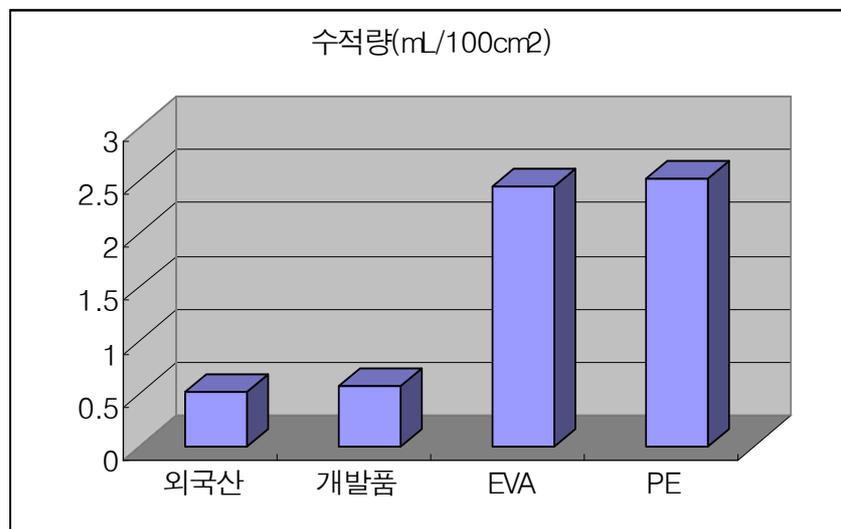


그림 3-8. 시설 내 수적량 비교(2003.11.11)

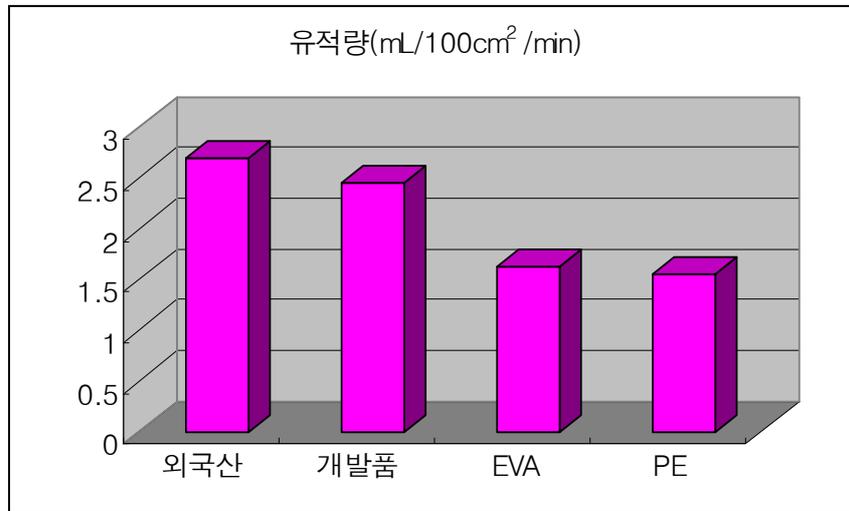


그림 3-9. 피복소재의 유적량 비교(2003.11.10)

나. 광 환경 분석

<1년차 직조필름의 광환경>

시험 1년차에 직조형 필름의 광환경 특성을 분석하기 위하여 높이 0.7m, 폭 0.9m, 길이 2.0m의 소형터널을 설치하여 전천일사계(MS-801, EKO)와 광합성유효방사계(MF-020P, EKO)를 이용하여 각각의 광환경을 조사하였다. 광 산란의 정도인 산란광율은 전천일사량에 대하여 산란광이 차지하는 비율로서 EVA와 PE가 9~10% 정도의 낮은 산란광율을 보이는 반면에 개발 중인 직조형 필름은 48%를 보여 매우 높은 수준의 광산란 효과를 보였다. 산란광율은 오히려 외국산(이스라엘)보다도 3%가 높게 나타났다. 일반적으로 광 산란은 직조형으로 구성되어서 높은 것 보다는 광 산란효과를 높이기 위한 첨가제의 영향이라고 여겨진다.

1차 년도에 개발 중인 시험용 필름으로 피복된 소형터널에서의 일사량 투과율은 직조필름이 연질필름인 EVA나 PE 보다 전체적으로 1~5% 정도 낮은 수준을 보였고, 외국산에 비하여 3%가 낮았다. 그러나 이것은 다겹의 필름을 접착제를 바르고 과중한 압력으로 처리하는 과정에서 나타나는 일시적인 현상으로 몇 번의 시행착오를 겪으면서 두께를 줄인다면 오히려 투과율이 개선될 것으로 보여진다.

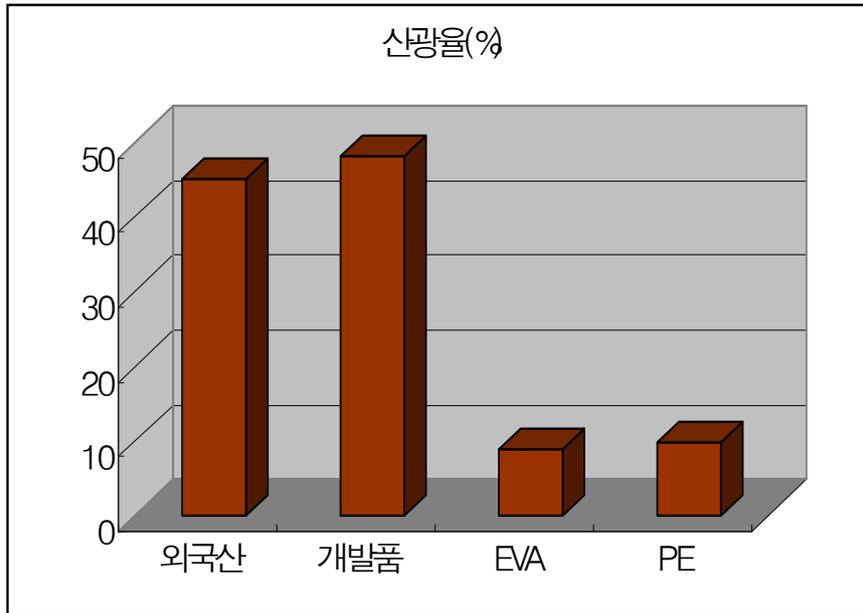


그림 3-10. 터널 내 산광율 비교(2003)

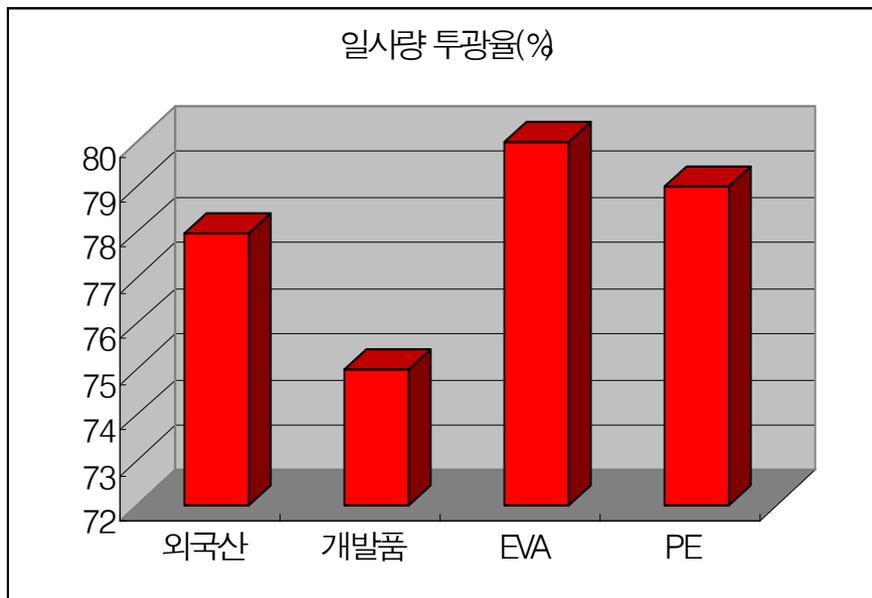


그림 3-11. 터널 내 일사량 투과율 비교(2003.9.1)

1년차에 개발 중인 직조필름의 파장별 분광투과성을 분광광도계(LI-1800, EKO)를 이용하여 측정한 결과 300~1100nm 사이 파장에서 전체적으로 낮은 투과율을 보였다. 특히 가시광선 영역인 400~700nm의 투과율이 낮아 앞으로 이 부분의 투과율이 높을 수 있도록 투명도를 개선하여야 할 것으로 판단되었다. 또한 자외선 안정제가 자외선의 투과를 방지하여 380~390nm에서 광이 투과되지 않았다.

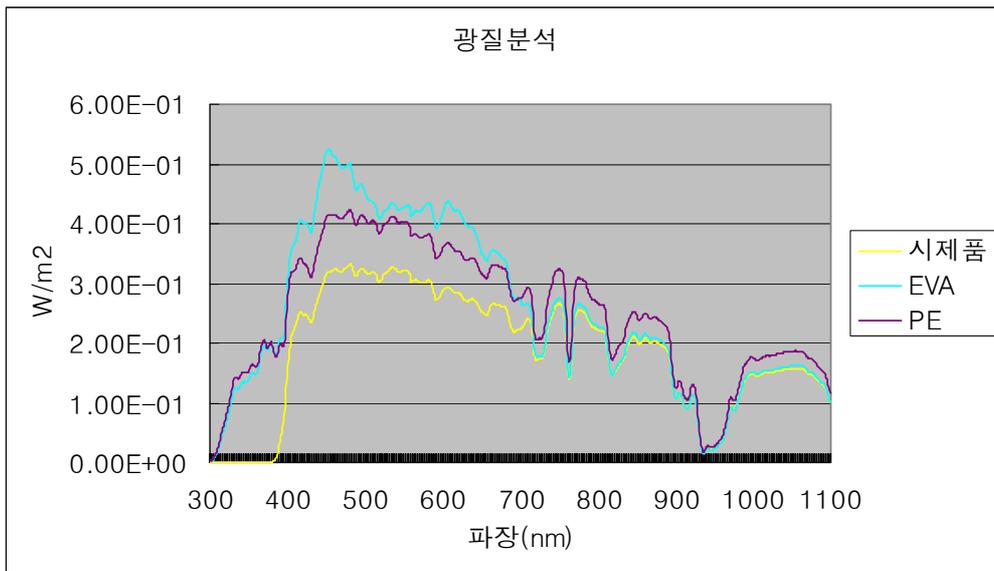


그림 3-12. 터널 내 피복자재별 분광투과성(2003.9.1)

<2년차 직조필름의 광환경>

피복 후 4개월이 지난 시설 내 광도는 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서 노지의 72.1%인 $1,338 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보였고, 산광형 직조필름 피복시설에서는 노지의 66.7%인 $1,238 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보여 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설보다 산광형 직조필름 피복시설에서 투과율이 5.4% 낮았다. 그러나 고추 균락 바닥에서의 광도는 산광형 직조필름 피복시설에서 노지의 19.9%인 $369 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보였고, 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서는 노지의 7.8%인 $144 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 을 보여 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설보다 산광형 직조필름 피복시설에서 투과율이 12.1% 높았다.

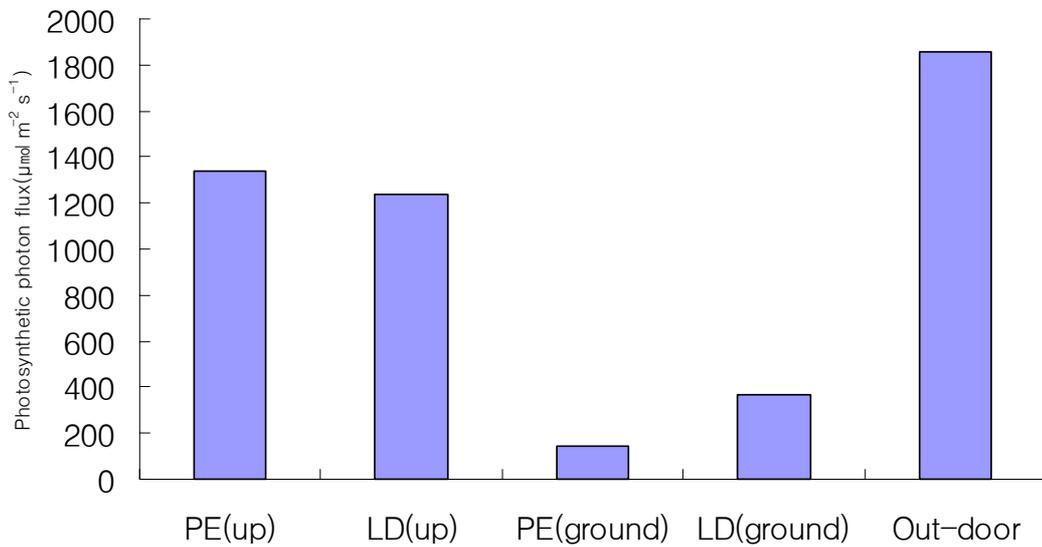


그림 3-13. 시설 내 위치별 광합성유효양자속도(2004.7.30)

시설 내 산광율은 전천일사량에 대하여 산란광이 차지하는 비율로 산정한 결과, 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서 8.9%의 낮은 산란광율을 보이는 반면에 산광형 직조필름 피복시설에서는 48.7%를 보여 매우 높은 수준의 광산란 효과를 보였다. 이러한 광산란은 고추 군락 내부로의 광유입을 많이 하여 산광형 직조필름 피복시설에서 바닥의 광도가 높게 측정된 것으로 판단되었다.

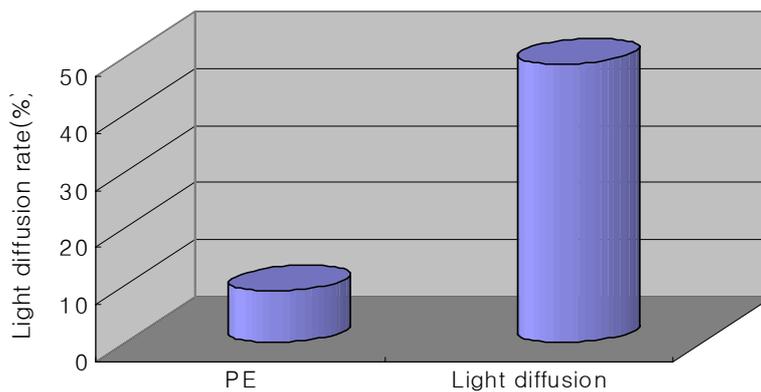


그림 3-14. 시설 내 산란광율(2004.7.30)

산광형 직조필름 피복시설의 파장별 분광투과성을 분광광도계(LI-1800, EKO)를 이용하여 측정한 결과, 300~1100nm 사이 파장에서 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설보다 낮은 광투과율을 보였다. 특히 자외선 영역인 300~400nm 사이에서는 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설이 자연광에 비하여 91%의 투과율을 보이는 반면에 산광성 직조필름 피복시설에서는 자연광에 비하여 5%의 투과율을 보여 두 필름으로 피복된 시설에서 자외선 투과 정도가 매우 다른 것으로 나타났다.

적외선 영역에 해당하는 750~1100nm에서는 자연광에 비하여 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설이 파장별로 21~37% 정도 투과율이 낮았고, 산광형 직조필름 피복시설에서는 46~51% 정도 투과율이 낮았다. 그러나 식물의 광합성 영역인 광합성유효파장 영역인 400~700nm에서는 커다란 차이를 보이지 않았다.

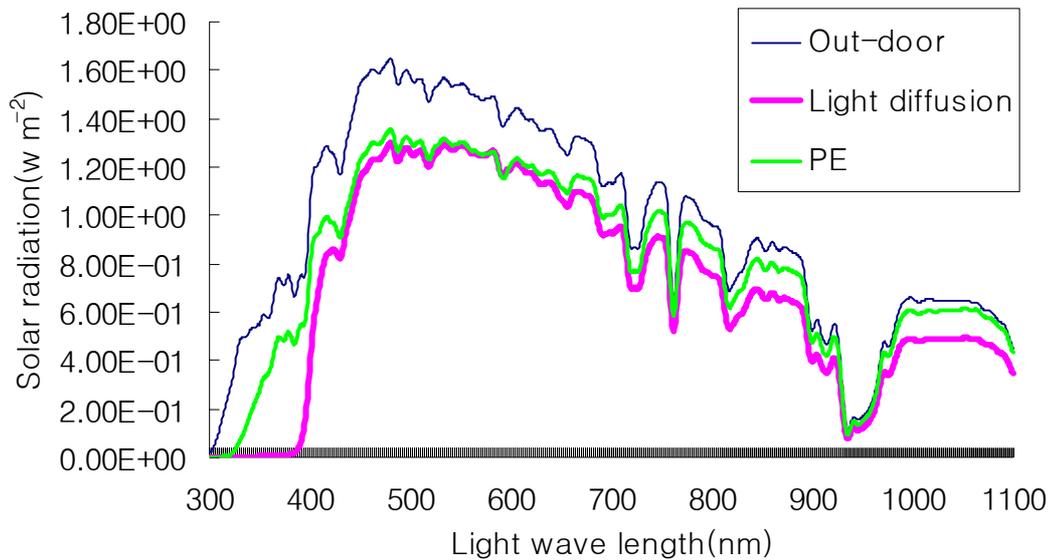


그림 3-15. 시설 내 분광에너지(2004.7.30)

다. 온도 및 습도 환경

시설 내 무가온 상태에서 자연광의 유입으로 비롯된 열에너지 축적으로 기온이 상승하는 속도는 광투과율이 높았던 폴리에틸렌(PE)필름 피복시설에서 높았다. 이것은 두 가지 관점에서 해석이 필요하다. 겨울철 저온기에는 오전 중 온도 상승이 빨라 식물체의 광합성을 촉진하지만 봄, 여름 및 가을처럼 고온기에는 식물체 잎의 뒷면에 있는 기공의 증산작용을 억제하여 광합성 효율을 떨어뜨리고 각종 고온장애로 작물의 생산성을 감소시킨다. 따라서 산광성 피복자재는 고온기에 시설 내부 온도 상승을 완화시키고 식물의 균락 내부에 고른 광유입을 촉진시켜 과채류와 선인장 등과 같이 고른 착색을 요구하는 작물재배에 적합하다고 판단되었다. 시설 내 습도는 기온이 낮았던 직조필름 시설에서 다소 높게 나타났다.

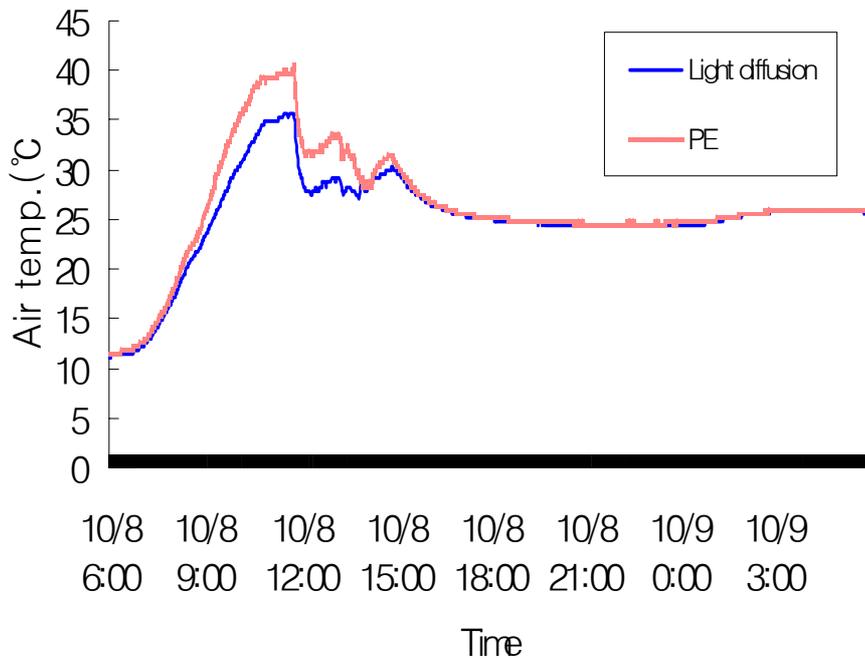


그림 3-16. 시설 내 하루 중 기온 변화(2004.10.8)

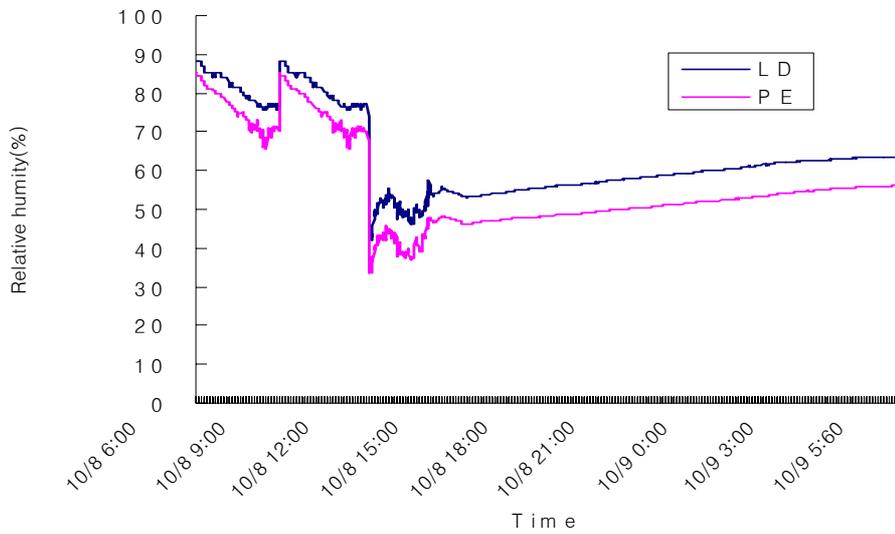


그림 3-17. 시설 내 하루 중 습도 변화(2004.10.8-10.9)

라. 시설고추 군락 구조

먼저 동화기관인 잎의 건물중 분포를 살펴보면 폴리에틸렌필름으로 피복시설보다 산광형 직조필름으로 피복된 시설에서 초고 90-120cm를 제외하고는 거의 모든 초고 별로 건물중이 무거웠다. 중앙 초고 부위인 60-90cm와 상부 120-150cm 사이에서 건물중이 무거운 것은 산란광이 군락 내부로 들어온 유입량이 많았고 분지와 엽의 분화가 상대적으로 발달되어 엽수와 엽면적이 넓게 나타났기 때문인 것으로 판단된다.

군락 내부의 투광율은 낙엽 및 이병엽 제거 등으로 잎이 분포되지 않은 제1차 분지 절(방아다리) 밑에 있는 원줄기를 중심으로 비동화기관인 줄기만 있기 때문에 초고는 낮지만 초고 30-90cm 사이보다 오히려 투광율이 높았다. 처리구간의 군락내 투광율은 산광형 직조필름 피복시설에서 초고별로 고르게 높았다. 특히 상대적으로 잎이 많이 분포된 초고 60-90cm 사이에서 5% 정도가 높았는데 이것은 산광율이 높은 산광형 직조필름이 피복된 시설에서 광이 아래로 굴절되어 군락 내부로 많이 유입된 것으로 판단되었다.

고추 절위별 분지수는 절위 발달에 따라 $2n-1$ (n =절위수)의 수식으로 나타난다. 따라서 이론적으로는 5절까지는 분지수가 31개, 6절부터 10절까지는 분지수가 992개, 11절부터 15절까지는 31,775개, 16절부터 18절까지는 230,368개의 분지수가 분화

되어야 한다. 하지만 환경 조성 및 양수분의 수급에 따라 분지가 퇴화되어 발달이 둔화된다. 이와같은 현상은 전(1998)이 시설유형별 고추 생산구조 분석을 통하여 이미 밝힌 바 있다. 본 시험에서도 절위별 분지수는 전반적으로 이론적인 수치보다 훨씬 못 미쳤다. 그러나 처리구간의 정도는 산광광이 균락에 유입된 산광형 직조필름이 피복된 시설에서의 고추 분지수가 절위별로 고르게 많았다. 특히 15절위부터 18절위 사이에서는 월등히 많았는데 이것은 산광형 직조필름이 피복된 시설에서 고추의 절위발달이 상대적으로 3-4절위가 많이 발달되어 분지수가 많았던 것으로 판단되었다.

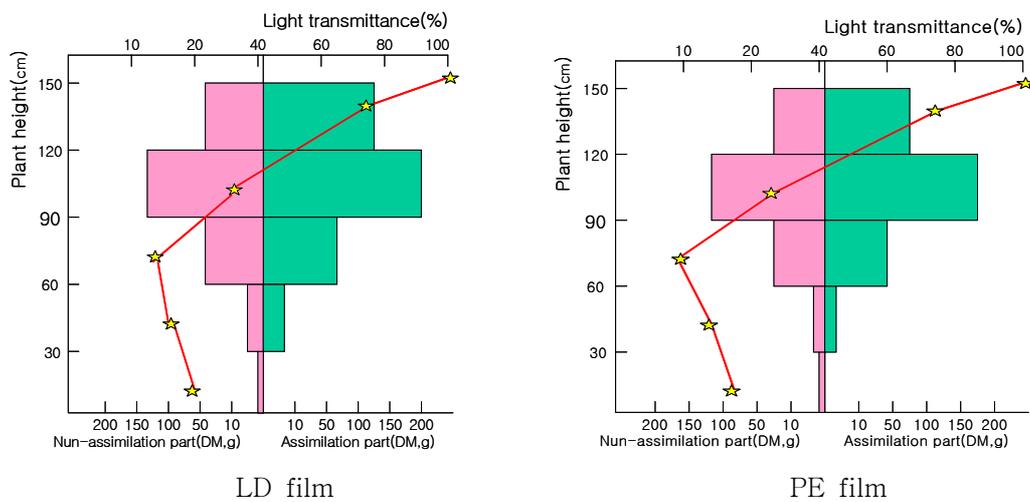


그림 3-18. 시설 내 하루중 기온 변화(2004.10.20)

마. 시설고추 생육 및 수량성 분석

시설 고추의 원주지의 길이는 산광형 직조필름이 피복된 시설에서 30.1cm로 나타나 폴리에틸렌필름 피복시설보다 2.4cm 짧았다. 시설 고추가 도장하는 것은 대부분 밀식으로 광이 부족하여 나타나는데 산광효과 큰 산광형 직조필름 피복 시설에서 상대적으로 투광율이 높아 원주지의 길이가 짧았던 것으로 판단되었다. 고추 잎에서 나타나는 흰가루병 발병은 밑에서부터 제15절까지가 심하고 상부는 상대적으로 적었는데, 자외선이 거의 차단되는 직조필름 시설에서 20~25% 정도 낮았다.

엽면적은 산광형 직조필름이 피복된 시설에서 주당 8,735cm²로서 폴리에틸렌필름 피복시설보다 835cm² 넓었다. 이것은 산광효과로 인하여 분지의 발달이 많아 분지마

다 생성된 잎의 수가 많았기 때문인 것으로 여겨진다. 본 시험에서 조사된 시설고추 잎의 개체당 엽면적은 크기별로 상, 중, 하로 구분하여 조사한 결과 엽장/엽폭이 각각 15/7, 7/4, 3.5/2cm 이었고 처리간에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

고추 과실의 착과율은 분지수를 기준으로 산광형 직조필름이 피복된 시설에서 68.2%를 보여 폴리에틸렌필름 피복시설보다 10.9% 높았다. 본 시험에서 개화율은 수확율과 정의 상관관계가 있었으나 개화이후에도 낙화율이 큰 관계로 과실의 착과율보다는 낮은 상관관계를 보였다. 따라서 수확에 결정적인 영향을 주는 착과율이 높은 산광형 직조필름이 피복된 시설에서 수량이 12% 높았다.

표 3-1. 시설고추 절위별 분지수, 분지각 및 흰가루병 발생율(2004. 10.20)

Covering materials	Node range	Branch numbers (No.)	Av. node angle (°)	Powdery mildew (%)
LD film	1 ~ 5	15.4 ± 3.1	48.1 ± 1.4	25.7 ± 2.1
	6 ~ 10	66.3 ± 7.8	50.2 ± 1.2	22.4 ± 2.0
	11 ~ 15	124.6 ± 10.7	54.5 ± 1.3	23.7 ± 2.9
	15 ~ 18	214.7 ± 21.3	62.1 ± 2.1	14.5 ± 1.2
PE film	1 ~ 5	11.2 ± 2.8	45.1 ± 0.8	41.2 ± 3.5
	6 ~ 10	45.1 ± 6.7	48.4 ± 1.1	40.7 ± 3.0
	11 ~ 15	104.2 ± 10.5	50.4 ± 1.3	45.9 ± 4.2
	15 ~ 18	68.4 ± 8.7	59.7 ± 1.8	35.9 ± 2.6

표 3-2. 시설고추 원주지 길이, 엽면적, 착과율 및 수량(2004. 10.20)

Covering materials	The first branch length (cm)	Leaf area (cm ² ·plant ⁻¹)	Fruit setting rate (%)	Yield (kg/10a)
LD film	30.1	8,735	68.2	4,842
PE film	32.5	7,897	57.3	4,321
LSD 0.05	0.4	52	3.8	124

※ 수확기간 : 2004. 5. 20 - 11. 20 (6개월)

제4절 개발품의 경제성 분석

개발품의 국내 생산 필름과의 피복비 비교는 도표와 같아 농가의 경쟁력을 높일 수 있다. 가격이 높은 일본수입의 필름은 제외 하였다.

비목	EVA필름 내외층 0.08+0.06mm 비중0.95(133gr/M ₂)	4년 필름 0.15mm 비중0.95(142.5gr/M ₂)	슬라 P 0.18mm 비중0.95(171gr/M ₂)
1회 설치시 필름대 (소요피복 = 재배평 x1.5)	@₩4,450/kg @₩1,953/피복평 ₩928,652/317평	@₩9,500/kg @₩4,468/피복평 ₩2,124,534/317평	@₩12,865/kg @₩ 7,260/피복평 ₩3,450,130/317평
설치시 재배평당 피복작업비 (부가세 제외)	@₩2,500/재배평 ₩792,500/317평	@₩3,500/재배평 ₩1,109,500/317평	@₩3,500/재배평 ₩1,109,500/317평
1회 설치시 317평 합계액	₩1,721,152.-	₩3,234,034.-	₩4,559,630.-
평균 사용연수	1년	4년	8년
8년간 소요비 (피복 부가세환급)	₩13,769,216.- (₩675,384)	₩6,468,068.- (₩386,279)	₩4,559,630.- (₩313,648)

년간 비용 부담	₩1,636,729.-	₩760,224.-	₩530,748-
재배면적 평당 년간 비용 부담 장점	₩5,164.- *초기비용 저렴	2,398.- *장기 사용 *지속 영농계획 가능 *농촌인력 고령화 대응	₩1,674.- *돌풍, 우박등 재해에 안전증대 *광산란으로 시설 광차단 억제 *장기 광투과율 유지, 세척용이 *골조 시설비 절감 가능 (고인장강도와 저 수축율로 인해) *친 환경농업 가능(농약 사용 억제, 작업자의 피부건강, 작업환경 개선, 자원절약 및 폐기물 감소) *농촌인력 고령화 대응
단점	*자연재해시 실농 우려 *교체시기 영농 불가 *광산란, 내오염성, 작업자 건강, 작업환경등 불리	*자연재해시 실농 우려 *초기비용 조금 높음 *광산란, 내오염성, 작업자 건강, 작업환경등 불리	*초기비용 높음 *설치 2년후부터 액상방적제를 3~4년에 한번씩 도포함

제5절 액상코팅형 방적제의 연구

내부 혼입형의 방적제가 직조필름에 있어서는 일반필름에 비해서는 5-6배 정도 유지되나, 영구적인 방적제를 목표로 한다면 액상 코팅형으로 연구를 하는 것이 혼입형의 한계를 극복할 수 있는 바람직한 장기 필름의 미래상으로 볼 수 있다.

이에 여러 액상코팅형 방적제를 실험하여 보다 적합한 실용적이고 사용에 편리한 방적제를 선정하기 위한 실험에 착수 하였다.

실험 중간 요약 -무적과 오염-

30201~30801

side는 coating면이나 yarn면이 다 무적양호 (단 c처리는 coating면 뿐)

*side의 yarn면 처리,무처리군 sc 비교 필요

*표면 물방울 경우 yarn쪽이 표면수분이 빨리 마름

방오염성= ,처리 ss sp >처리 ja sp >무처리 ss sp> 미처리 ja sp

*특히 미처리 ja 경우 방무제포함 PE는 심한 얼룩

무적제와 상용성문제가 있으며 일반적인 경우

물방울에 의해 빨리 용해 탈락되는 경향이 보임

*방무,c처리가 오염에 미치는 영향은 거의 없으며

얼룩은 보통 경우 무적제+먼지(대략 친유성분)임

처리,미처리의 생원단 경우 Corona처리한 것은 미미한 무적성이 있음

무적상태=, 처리 ss sl >처리 ja sl >무처리 ss sl >무처리 ja sl >sl 일반

*처리원단이 모든 면에서 우수하며 설치된 것의 무적제 분무는 접착력을 높이는 방법이 필요한 것으로 판단

*sl 무적층과 장수층의 c처리후 무적성 면밀한 비교필요

*sl 일반은 무적이 발수와 친수성을 같이 섞은 것 같은

느낌이 들며 성능은 약하나 표면은 잘 흘러내림.

*방무포함 PE가 무포함보다 먼저 흘러내리는 경향

*sl ss sp 의 장기무적성 상대비교테스트 필요(약1년)

migration과 투명도도 계속 check하여야 함

세립화학의 코팅제는 무적은 잘되나 한달뒤 표면 Crack 현상 발생

*투명성이 떨어지며 무적효과를 위한 UV aging 필요

타업체 무적상태 및 오염상태 순위 : mkv>hana>Fclean>온누리 임

	광 투과율 비교		Tt	Haze
	Tp	Td		
ls 신품	46.5	37.3	83.8	44.6
ls 일년	25.4	54.7	80.1	68.3
시제품uv	33.1	54.8	87.9	62.4
ss 신품?	44.5	39.3	83.8	46.9
하나 신품	72.8	16.5	89.3	18.5
하나 test	69.9	18.7	88.6	21.1
하나 2년	47.9	40.8	88.7	46
ld 신품	79.4	9.2	88.6	10.4
f 클린 test	79.3	10.6	89.9	11.8
mkv test	72.5	15.6	88.2	17.7
다카라 test	75.1	14	89.1	15.7

1차 상온 옥내 방적 Test 요약

액상 코팅 방적제 선정

기간 2003.11.03 ~ 2004.02.20

실험개요

목적: 사용 가능 방적제 선정

실험소재: 국내 도포형 방적제A, 국내 도포형 방적제B, 일본수입품,
미국수입품, 국내 TiO₂ 방적제

실험방법: 분무 상온 건조후 수직 설치하여 매일 1회 분무

실험결과

- 초무적으로 선전되는 TiO₂ 제품은 투과율, 부착력, 양에 따른 방적효과가 불균일
- 일본 수입품의 경우 효과지속기간이 짧음
- 국내 A 형 방적불량, 지속기간 짧음
- 신개발품 국내 B형 지속기간 짧음
- 최종 검토 대상 미국산 수입품

2차 상온 옥내 방적 Test 요약

기간 2004.02.26 ~ 2004.05.17

선정된 후보 방적제의 여러 조건 검토

실험개요

- 목적: 1. 표면처리 여부에 따른 무적효과 비교
2. 상온에서 채택된 액상 방적제를 사용한 희석배율에 따른 무적상태 비교
3. 상온에서 희석용매에 따른 무적상태의 변화
4. 위와 같은 실험후 각각의 투과율 측정으로 3차 실험 방향 설정

실험소재: LD필름3종, 단면직조3종, UVA직조2종, 이스라엘솔라릭4종

실험방법: 분무건조후 수직설치후 매일 3회 일반수 표면이 세척될 정도 강하게 분무

실험결과

- Corona 표면처리 된 필름 쪽이 상태가 초기부터 우수함. (약50dyne)
표면 처리된 필름은 실험 초기와 말기의 무적변화가 거의 없음.
- 황태현상은 증류수로만 희석한 쪽이 IPA 혼합희석보다,
희석율이 적을수록, 표면처리한 쪽이 안한쪽보다 많아지며,
심한 분무방적제 탈락은 표면처리 안한 필름쪽이 많은 경향을 보임.
UV제 직조 제품의 경우 황태현상이 없음.
- 투과율은 희석배율이 높을수록, 분무막 건조두께가 얇을수록,
증류수쪽이 나은 결과이나 IPA쪽이 분산은 잘 되는듯한 현상.
- Solarside 직조면 분무제품의 경우 특이하게 표면처리를 안하고도
무적이 잘되는 현상을 유지하였음. 직조와 코팅사이 표면접착을
더 강하게 하면 투명성이 증진되며 들뜨는 약점을 보강할 수 있어
몇가지만 보강하면 차세대 직조필름의 가능성이 있음.
- 분무면의 마모 탈락은 LD쪽이, 표면처리 안 한쪽이 잘 되는 경향..
- IPA 혼합분산 쪽은 건조막 두께 0.35나 0.85micron이나 투과성에는
별 차가 없으며, 증류수 희석 경우 희석배율이 높을수록 좋다.
- 부착력은 증류수가 약간, 분산력은 IPA혼합희석이 많이 좋음.
- 종합적으로 보면 희석배율 5배 이상, IPA 7% 이하 혼합,
분무건조막 두께 1micron 정도가 적당한 것으로 판단됨.
- 투과율에서는 UVA직조가 88% 정도로 LD89% EVA90% 불소필름
92%정도에 비하여는 떨어지나, 솔라릭필름 86%정도 보다는 좋아
선택한 분무코팅제를 위와 같이 하면 투과율의 변동이 거의 없어
양질의 투과제품일 가능성이 대단히 클 것이라는 소견임.

3차 저온 무적 Test 요약

기간 2004.05.19 ~ 2004.08.18상온

후 9.10~9.21 저온Tester기

저온방적상태 평가

실험개요

- 목적: 1. 90일 후의 저온 test: 필름내부 0도C., 외부 30도C.
2. 선택가능 액상 방적 제품의 저온방적의 초기, 중기 비교

실험소재: 소재 A: LD0.5% corona, B: SS전면 corona, C: SS후면 no corona, D: SL무적 nocorona, E: UV10% nocorona

실험방법: 밀면 온수온도 유지로 계속 표면 물방울 생성되어 흐름.
기울기 각도 15도.

- 2시간 경우 C: 물방울 많이 격자부분 맺힘.
E: 약간 맺힘.
A,B,D: 아직 좋음
- 7시간 경우 B: 맺힘
C: 심해짐.
D: 맺히기 시작
A,E: 좋음
- 8일 A: 좋음
B: 종류에 따라 약간
C: 나쁨
D: 좋음
E: 종류에 따라 약간
- 12일 B,E: 종류에 따라 약간
C: 나쁨.
A,D 좋음.
- 30일 1) 1면 코팅경우 HD 직조면 액상코팅 나쁨.
IPA회석 경우 약간 나음.
2) B,E 경우 괜찮은 경향.
3) D 경우 초기부터 우수함.

엑상 코팅 실험후 투과율

회석 수				100%1.61x	50%0.81x	50%2.39x	50%5.80x	25%2.9x
SL 전 무	02/ 25	N	IP A	28.6 56.6	36.1 49.8	36.0 50.3	30.7 56.0	32.0 51.9
				85.3 66.4	85.9 58.0	86.3 58.2	86.8 64.6	83.9 61.9
SL 전 무	02/ 24	55 dy ne	DI W	30.1 55.9	33.5 52.6	29.9 55.6	27.8 57.7	35.4 50.6
				86.0 65.0	86.2 61.1	85.5 65.1	85.5 67.4	86.0 58.8
UV 10	02/ 23	N	DI W	38.7 48.9	37.0 50.5	36.0 51.4	37.8 49.8	39.8 48.5
				87.6 55.8	87.5 57.7	87.4 58.9	87.6 56.8	88.3 54.9
SL 후 장	02/ 25	N	IP A	23.4 59.3	30.5 54.0	33.4 51.1	34.3 51.4	33.2 52.0
				82.8 71.7	84.5 63.9	84.6 60.5	85.6 60.0	85.3 61.0
SL 후 장	02/ 24	55 dy ne	DI W	32.3 53.4	37.0 49.3	34.2 51.1		34.5 51.7
				85.6 62.3	86.3 57.1	85.3 59.9		86.2 60.0
UV 10	02/ 25	N	IP A	36.3 51.5	38.0 50.1	37.1 49.9	38.5 48.8	38.1 49.9
				87.8 58.7	88.0 56.9	87.0 57.3	87.3 55.9	88.0 56.7
SS 전 면	02/ 24	50 dy ne	DI W	39.0 46.9	38.5 46.0	34.5 50.9		42.1 44.0
				85.9 54.6	84.5 54.4	85.4 59.6		86.1 51.1
SS 후 면	02/ 24	N	DI W	38.0 45.6	38.8 46.5	37.3 47.0	36.7 48.0	41.4 44.0
				83.6 54.5	85.3 54.5	84.3 55.7	84.7 56.7	85.4 51.5
SS 후	02/ 25	N	IP A	36.7 48.9	38.6 46.1	39.0 45.8	42.3 43.3	41.5 44.4

면												
				85.5 57.1	84.8 54.4	84.8 54.1	85.6 50.5	86.0 51.7				
LD 0.5 %	02/ 23	C	DI W	65.0 26.1	73.4 17.5	72.3 18.8	71.4 19.7	73.3 17.7				
				91.1 28.6	90.9 19.3	91.0 20.6	91.1 21.6	91.0 19.5				
LD bla nk	02/ 24	C	DI W	68.8 22.3	72.9 18.3	72.3 18.5	72.7 18.3	74.1 17.4				
				91.2 24.5	91.2 20.1	90.8 20.4	91.0 20.1	91.5 19.0				
LD bla nk	02/ 25	50 dy ne	IP A	74.4 16.5	75.7 14.8	67.4 22.8	70.5 20.2	72.0 18.7				
				90.9 18.1	90.5 16.3	90.2 25.3	90.7 22.3	90.8 20.7				
				24%28%7μ 48%0.78x	35%51%21μ 14%0.67x	35%51%50μ 14%1.61x	18%75%21 7%0.35x	18%75%50 7%0.81x				
			회석IPA									

NO	시료명	액상코팅필름 투광율				비 고
		Tt	Td	Tp	HAZE	
1	HD3300 100%	92.3	37.8	54.5	41	
2	HD3300 89% 무적11%	92	31.9	60.1	34.6	
3	HD3300 97.5% ICD 2.5%	92.6	37.7	54.9	40.7	
4	HD3300 ICD 5%	97.7	44	47.7	48	
5	HD3300 ICDM 5%	92	42.8	49.2	46.5	
6	HD3300 ICDM 10%	93.4	45.3	48.1	48.5	

7	무적 1-1	89.4	11.1	78.3	12.4	
8	무적 1-2	89.3	13.4	75.9	15	
9	무적 1-3	90	14.9	75.1	16.6	
10	무적 1-4	89.6	12.4	77.2	13.8	
11	무적 1-5	89.7	13.9	76.1	15.2	
12	무적 1-6	89.9	14	75.9	15.6	
13	무적 2-1	90.8	23	67.8	25.3	
14	무적 2-2	89.1	13.1	76.1	14.7	
15	무적 2-3	89.6	13.7	75.9	15.3	
16	무적 2-4	89.7	15	74.8	16.7	
17	무적 2-5	90	15.9	74.1	17.6	
18	무적 2-6	90.1	16.6	73.5	18.4	
19	무적 3-1	86.3	42.6	43.6	49.4	
20	무적 3-2	85	41	44.1	48.2	
21	무적 3-3	84.8	39.5	45.3	46.6	
22	무적 3-4	85.5	39.8	45.7	46.5	
23	무적 3-5	84.4	39.6	45.8	46.4	
24	무적 3-6	86.5	42.1	44.4	48.7	
25	무적 4-1	85.6	45.6	40	53.3	
26	무적 4-2	85.7	45.6	40.1	53.3	
27	무적 4-3	85.5	44.2	41.3	51.7	
28	무적 4-4	86.1	44.8	41.4	52	
29	무적 4-5	85.7	42.5	43.2	49.6	
30	무적 4-6	85.6	41.4	44.2	48.4	
31	무적 5-1	85.9	44.8	41.1	52.2	
32	무적 5-2	85.5	41.8	43.7	48.9	
33	무적 5-3	84.9	42.4	42.5	50	
34	무적 5-4	85.2	41.5	43.6	48.8	
35	무적 5-5	85.7	42.2	43.5	49.2	
36	무적 5-6	85	41.9	43.2	49.2	
37	무적 6-1	85.8	46.8	39	54.6	
38	무적 6-2	85.8	47.8	38	55.7	
39	무적 6-3	85.2	48.2	37.1	56.5	
40	무적 6-4	85.3	47.6	37.7	55.8	
41	무적 6-5	85.8	47.7	38.2	55.5	
42	무적 6-6	86.3	48.2	38.1	55.9	
43	무적 7-1	85.8	46.5	39.3	54.2	
44	무적 7-2	86	44.4	41.7	51.6	
45	무적 7-3	85.9	44.5	41.4	51.8	
46	무적 7-4	86	43	43	50	
47	무적 7-5	85.7	43.9	41.8	51.3	
48	무적 7-6	86.7	47.1	39.6	54.3	
49	무적 8-1	86.1	52.3	33.8	60.7	

50	무적 8-2	86.2	51.5	34.7	59.7	
51	무적 8-3	85.9	50.4	35.5	58.7	
52	무적 8-4	85.6	51.2	34.4	59.8	
53	무적 8-5	85.7	51.6	34.1	60.2	
54	무적 8-6	85.2	51.8	33.4	60.7	
55	무적 9-1	88.4	49.7	38.7	56.2	
56	무적 9-2	88.2	50.8	37.4	57.6	
57	무적 9-3	88.5	50.2	38.3	56.7	
58	무적 9-4	87.9	49.4	38.5	56.2	
59	무적 9-5	88.1	50.6	37.5	57.4	
60	무적 9-6	88.2	51.4	36.8	58.3	
61	LD 0.3%	88.5	9.9	78.7	11.1	
62	SS BLANK	83.7	34.8	48.9	41.6	
63	LS BLANK	83.6	37.9	45.7	45.4	
64	LS 1년	80.5	54.5	26	67.7	
65	SL BLANK	85	47.7	37.3	56.1	
66	SL-2	85.3	40.9	44.4	48	
67	LD BLANK	88.9	9.9	78.9	11.2	
68	다카라	88.3	14.9	73.4	16.9	
69	다카라 UV	88.9	13.1	75.8	14.7	
70	OKAMOTO	90.2	23.8	66.3	26.4	
71	하나야카	90.3	21.1	69.1	23.4	



저온 2시간 후



저온 7시간 후



저온 8일 후



저온 12일 후

액상 코팅제에 대한 종합

실험 결과로 액상코팅제를 사용하여 새로운 형태의 영구방적제를 직조필름의 표면중 일면에 코팅하는 물질의 후보를 선정하였고, 희석제로서의 증류수와 용제의 비율을 확정하여 코팅 액상의 두께등을 정하였으나, 액상코팅의 품질과 경제성을 동시에 추구할 수 있는 적절한 코팅방법은 확정하지 못하였다.

실제 당사가 작업상의 경험이 많은 롤러 코팅으로 선정하여 계속 진행 되어야 생산에 적합한 공정을 확립할 수 있겠다. 또한 이번 연구에서 다루지 못한 방적제 액상코팅의 타사 실험결과가 있어 액상 코팅 시제품 작업시 참고로 하여 다음에 진행하고자 한다.

참고

OVEN(항온 항습기) 및 옥내 폭로

도포용 무적제를 롤 및 스프레이를 이용하여 타포린에 도포한 후 건조.

- 1) 50℃ OVEN
- 2) 열풍을 가하여 건조시킨 후 냉각

3) 옥내 방치

4. 보관 및 표면 부착 상태 시험

타포린에 도포용 무적제를 도포한 후 표면의 투명도, 점착상태, 도포두께, 도포상태 등을 시험하고 도포된 타포린을 감아서 실내에 상부에서 30kgs의 무게를 가하여 방치 후 상태 관찰.

건조조건

1) 50℃ OVEN에서 건조 시험한 결과 약 2분정도의 시간이 소요됨.

2) 열풍을 가하여 건조시킨 후 냉각

도포된 타포린에 열풍을 가하여 건조시킬 경우 옥내에 방치하여 건조한 것에 비해 120%이상의 건조시간 단축 효과를 얻을 수 있었다.

(소요시간 45초 - 옥내방치시 13분)

단, 건조시 열풍을 가하여 건조시킨 후 찬바람으로 냉각시켜야 한다.

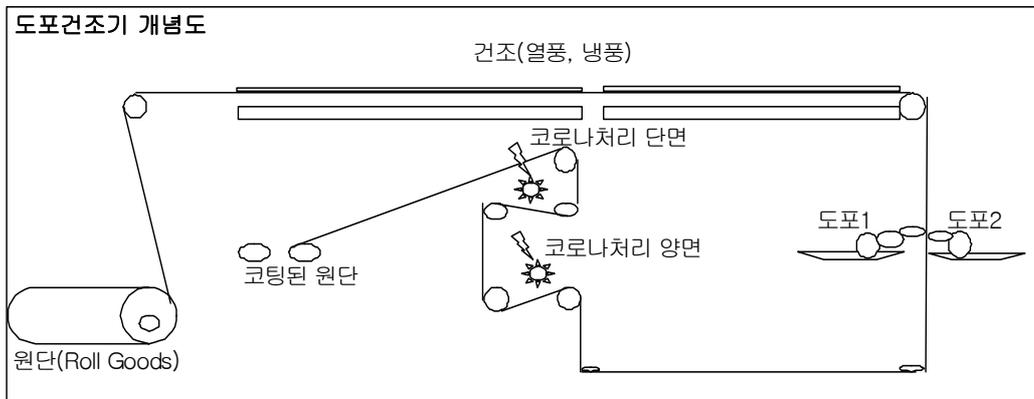
상기 시험 방법에 따라 시험한 결과 시험2)에 의하여 건조시 현장에서 적용하여도 문제가 발생하지 않을 것으로 사료되며 도포 후 열풍을 가할때 경사각을 다소 준다면 건조시간이 20~30%정도 단축될 것으로 생각됨.

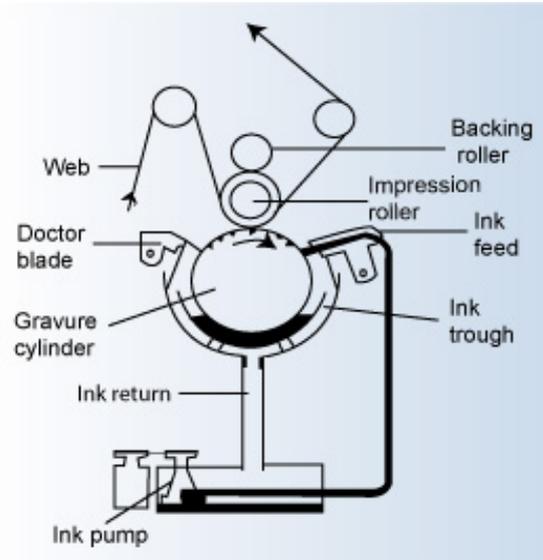
참고 실험 정보 S사

액상코팅필름 방적시험



액상 코팅 Taping test





도 포 확대 개념도

제6절 연구 개발 결론

수입품 사용자들의 의견을 들어 장점이 많은 직조필름을 개발하여 달라는 요청에 부응하여 연구개발을 무난히 완료하게 되었다.

첨가제의 기술적인 면은 차치하고서도 공정에서도 농업용의 기능의 손상이 없어야 하므로 십여년의 직조원단 생산 수출에도 불구하고 수 많은 시행 착오를 거치고 혼입형의 경우에는 완성이 되어 내년 초부터 국내에 판매할 예정이다.

그럼에도 불구하고 실용적인 영구적인 방적 방법은 아직 실현되지 못하고 있고 본 연구의 방적서의 개량면에서도 반을 조금 넘어 섰다고 할 수 있겠다. 현재까지의 선정된 액상 물질에 대한 분석은 액중 건조물 Wt 함량 22%, 건조물중 무기질의 원소는 Si 11.6%, Al 8.1% 의 결과로 입자Size는 120nm으로 거의 일정하다고 조사 되었다. 이에 대한 정밀한 조사도 필요하여 꾸준하게 연구하여 국산화를 이루게 되는 계기가 되었으면 한다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제1절 연구개발 목표 달성도

구 분	연구개발 목표	연구개발 내 용 및 범 위
1차년도 2002~2003	1. 압출연신코팅원료의 선택 및 적합화 2. 생산 및 작업방법의 최적화 3. 기능첨가제의 조성 및 선택	기능성 첨가제 조성 및 선택 작업방법의 최적화(압출, 연신, 코팅) 작물재배 기초실험
2차년도 2003~2004	1. 코팅피복재 유적 및 방무성 지속기간 배증(4년) 2. 코팅 및 접합성능 측정 및 보완 3. 내마모성과 정전기방지 기능추가	제조방법의 성력화 농가재배 실증 실험
구 분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
1차년도	○ 직조형 필름의 기능성 분석	- 피복자재의 방직성 개선 효과 구명 · 수직량 분석 : 일정 시각 물방울 부착량 · 유적량 분석 : 단위 시간당 물방울 흘러내린 양 - 피복자재의 산광성 및 분광투과성 분석 · 산광율(%) : 산란광량/전천일사량 ×100 · 분광투과율(%) : 파장별 투과량 적산값(300~1100nm)
2차년도	○ 직조형 필름피복 시설의 작물 재배 효과 구명	- 시설 내 광환경 및 열수지 개선 효과 구명 · 시설내 온도상승속도 해석 : 기온 및 지온의 일변화 · 광합성효율 및 도관수액흐름도 분석 - 시설 과채류 수량 증대 및 품질 향상 · 주당수확과실수(무게), 단위면적당 수량 · 곡과율, 과육경도, 엽록소함량 등

연구개발 목표의 달성도

가. 압출연신코팅원료의 선택 및 적합화	100%
나. 생산 및 작업방법의 최적화	100%
다. 기능첨가제의 조성 및 선택	100%
라. 직조형 필름의 기능성 분석 (원예)	100%
마. 코팅피복재 방적 및 방적성 지속기간 배증(4년)	65%
바. 코팅 및 접합성능 측정 및 보완	100%
사. 내마모성과 정전기방지 기능추가	40%
아. 직조형 필름피복 시설의 작물재배효과 구명(원예)	100%
특기사항 : 백화현상 측정	50%

제2절 관련분야에의 기여도

기대효과 및 활용방안

가. 기술적 측면

- 우수한 광 투과율과 고강도를 유지할 수 있는 압출 연신 기술
- 산란광을 이용할 수 있는 연신 및 직조 기술
- 장기 사용을 위한 내오염성이 있는 코팅 기술
- 장기 내후, 방적 및 방무를 위한 표면처리제 기술

나. 경제·산업적 측면

- 직조형 코팅 피복재 수출
- 장기성 피복재산업의 자립성 확보
- 직조형 피복재 사용에 의한 국내 농업생산성 향상

효용성

유연하고, 온도에 따른 수축팽창이 적음
약 10년간 사용이 가능
피복비 절감
그늘이 없는 시설내부
작물 하부에 광 이용
시설 내 작업 시 급격한 피부노화와 “썬텐”을 억제
해충이나 곰팡이균의 억제기능
착색이 균일하고 열과가 감소되어 상품성 제고
낮은 경시변화율
장기 유적효과
지속 영농이 가능
환경친화적이며 인체에 무해
시설비의 절감이 가능
강풍, 폭설, 우박 등 자연재해로 인한 파손에 강함

제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획

제1절 판매적용 보급

국내시장은 1년용의 EVA 나 PE 필름이 주종을 이루고 매년 교체하여 막대한 노력과 비용이 지불되고 있는 실정이다. 온실형의 경우는 유리나 기타 장기성 경질 자재가 사용 중이나 가격이 높고 국내실정에는 안 맞는 경우가 대부분이어서 장기성의 저렴하고 튼튼한 연질 필름이 절실히 요구되고 있다.

국내 피복재 시장 규모는 1500억원 정도이며 장기성 피복자재는 현재는 약 10억 정도로 추산되며 개발된 직조필름을 @2000원/m² 정도로 판매할 수 있어, 수입대체는 물론 수출도 경쟁력이 있어 2005년부터 판매가 시작할 예정이다.

현재 경질판 피복자재를 제외한 연질 장기성 피복자재중 대표적인 제품의 품질 및 가격은 다음과 같다.

생산국	품명	규격 및 기능							
		두께	내구성	유적성	강인성	보온성	자외선차단	산란율	단가
이스라엘	솔라라이트	0.15~0.20mm	4년보장	1.5년	매우강함	유	유	약45%	3,000/m ²
일본	하나야카	0.15mm	4년보장	4년	중간	유	무	약 5%	2,500/m ²
한국	솔라 P	0.18mm	4년보장	1.5년	매우강함	유	유	약50%	2,000/m ²
한국	일반EVA	0.06mm	1년보장	3개월	약함	유	유	약 5%	1,600/m ²

본 개발품은 방적성능의 부족함이 있으나 2006년도 에는 액상코팅방적 직조필름 생산으로 세계 최초와 최고의 품질로 수출과 국내 판매를 확대 할 예정임.

특히 고소득 작물로 수출화훼를 하는 장미와 접목 선인장의 경우는 고품질의 제품을 생산할 수 있어 농가 소득 증대에 많은 도움을 주었기에 전망이 아주 밝은 편이다.

기타 축산농가, 양식수산농가 등 많은 수요처가 있다.

연구 개발결과 요약

1) 장기사용이 가능한 기능성 첨가제의 선택은 피복자재의 기본 성능인 가)인장강도와 광 투과율이 장기적으로 안정적이며 나)다년간 계속 사용이 가능한 수준에서 유지가 되어야 하며 다)직조필름의 경우 직조와 “코팅” 작업시에 300°C 정도의 열에 안정적이어야 한다. 이러한 조건을 충족시키며 내후성, 방적성, 보온성, 산란성, 내오염성, 자외선 차단성이 만족 되는 첨가제는 서로의 상충작용과 첨가물의 표면으로의 이행성 문제 등으로 여러 번의 시행착오를 거쳐 선정되어 좋은 제품 결과를 얻었다. 특히 기존 연질필름의 방적성이 3개월 정도인 것에 비하여 18-24개월의 방적성 유효기간을 확보하였다. 그러나 내구연한에 따라 필요한 방적성 확보를 위하여 액상 무적제를 도포하여야 하는 불편함이 있으나, 최근 일본에서 수입하는 장기필름에 비하여 경제적인 유리점은 물론 물리적인 강도 및 세척이 쉽고 양산체제가 완비되어 있어 농가의 사용 보급에 어려움이 없을 것으로 판단된다. 그러나 보다 나은 방적성을 확보하기 위해서는 내부에 첨가제를 넣는 방법으로는 한계가 있어 직조필름 위에 완벽한 방적성, 내마모성, 내오염성의 액상 나노 코팅 물질을 선정하여 실험 하는 중에 있으며 액상 코팅제의 도포 생산시설이 완료되면 국내외적으로 수익성이 우수한 피복자재 생산으로 내수는 물론 수출 물량 확보도 기대가 되어 국부 창출에도 크게 기여할 것으로 예상된다.

2) 직조필름은 일반 농업용 필름의 제작방법과는 많이 다르다. 우선 보통 HDPE 필름을 압출 하여 직조될 실을 만드는데 필름을 적당한 크기로 쪼개어 그 각각을 일정한 방향으로 연신하여 강도를 최대한 높게 한 다음 연신 된 각 실을 씨줄 날줄로 나누어 양방향으로 평직으로 짜고(이중으로 겹침). 이 직조면을 LDPE로 코팅을 하게 된다. 필름의 삼중압출기에서와 마찬가지로 코팅면이 양면이 다르게 처방 첨가되어 제조되며, 직조 폭이 2.0m-4.0m 이므로 코팅 완결 후 주문하는 규격으로 열 접합하여 제품으로 공급되어 농가에 사용되게 된다. 두께가 4겹인 관계로 0.15mm-0.20mm 정도이고 일반 필름과 같이 연질로서 부드러우며 열에 의한 신축성이 적어 설치하기가 용이하나 접합은 두께가 두꺼운 관계로 접착 내부면 까지 열을 전달할 수 있는 특수 열 접합기계가 필요하다. 기능성 첨가제의 사용으로 인한 압출의 어려움과 완성 된 원단의 강한 접합을 위한 압출 직조 코팅의 온도설정과 속도의 세밀한 조정이 필요하여 시행착오를 거쳐 만족한 작업표준을 만들 수 있었다.

3) 광 산란 필름은 일반적으로 시설원예 작물의 생산성 향상에 도움이 된다. 특히 초장이 길어 지주로 유인하는 작물이나 아래 잎이 무성한 재배식물의 광합성에 유리하

다. 또한 과채류나 과수의 색 형성에도 유리하다. 광 산란 필름을 이용한 시험재배에서 시설고추의 균락생산성이 향상된 결과를 얻었다. 고추는 생육이 진전됨에 따라 계속적인 분지의 생성으로 무성한 초관을 이루게 되어 광합성 효율이 떨어지고 과실의 착색불량 및 곡과의 발생이 많아져 상품성을 떨어뜨리게 된다. 본 시험에서는 고추의 동화기관인 잎의 건물중 분포가 폴리에틸렌필름으로 피복시설보다 광 산란필름으로 피복된 시설에서 초고 90-120cm를 제외하고는 거의 모든 초고별로 건물중이 무거웠다. 균락 내부의 투광율은 잎의 노화 및 이병엽 제거 등으로 잎이 분포되지 않은 제1차 분지절(방아다리) 밑에 있는 원줄기를 중심으로 비동화기관인 줄기만 있기 때문에 지체부에서 초고 30cm 까지는 초고는 낮지만 초고 30-90cm 사이보다 오히려 투광율이 높았다. 고추 과실의 착과율은 분지수를 기준으로 광 산란 필름이 피복된 시설에서 폴리에틸렌필름 피복시설보다 10.9% 높았다.

제2절 응용제품 개발

장기 사용의 직조필름은 다양한 용도로 개발 될 수 있다.

농업용으로도 강인함과 내구성을 갖춘 연질의 필름이기에 이 기능에 반사나 보온등의 기능을 가진 필름과 합치하여 과수원등에 쓰일수 있는 직조반사필름, 시설원예에 쓰일수 있는 직조보온반사필름, 여름에 강한 광을 막아 줄 수 있는 직조차광필름 등 경제적인 필름이 가능하다. 투명한 것도 가능하여 투명직조 보온덮개, 직조하우스밴드, 시설보수용 직조테이프, 또한 강인한 축열튜브등에 사용될 수 있다. 이미 자체연구를 하고있는 자외선 투과형 직조필름도 이 개발의 연장선에 있다. 같은 광도일때 산란광이 모든 생물에 유리하므로 산란광을 이용한 여러 개발 가능성도 있다.

자외선 투과형의 장기 직조 필름 뿐 아니라 Smartlight 같은 것을 이용한 광합성 증진필름도 개발하려고 한다.

제 6 장 연구개발 중 수집한 해외과학 기술정보

자외선 차단막의 실용성의 연구는 국내에 아주 적은 실정이다. 몇 개의 논문이 있으나 재배작물에 미치는 면밀한 연구가 필요한 시점이라 생각한다.

1) "UV blocked films for Pest control in Greenhouse" 2001.

R.Shachar, B.Efrat and C.Halperin, Kafrit Ind., Israel

2) "The influence of UV blocking plastic films on the protection of crops against Pest and Bees in tomato Bombus of behaviour the greenhouses" Hefez.A of Univ Tel Aviv, Volcani Inst, Agric Ministry.Dep Israel.2000.

3) "Impact of spectral cladding materials on the behaviour of Glasshouse Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa*, its hymenopteran parasitoid" 2002. D Doukas of Univ Reading, U.K.

제 7 장 참고문헌

1. Godbey, L. C., T. E. Bond, and H. F. Zorig. 1979. Transmission of solar and long-wavelength energy by materials used as for solar collectors and greenhouses. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 22:1137-1144.
2. Kwon, Y.S., N.Y. Heo, T.Y. Kim, H. Chun, J.S. Kwon. 1996. Studies on fruit vegetables productivity and quality differentiation on greenhouses in Korean middle and south area. Res Rept. 686-707. Nat'l Hor. Res. Institute (in Korea).
3. McNaughton, K. G., A. K. H. Jacson, and I. J. Warrington. 1981. Greenhouse covering materials ; optical and thermal properties of some materials available in New Zealand. *Plant. Physiol. Div., Rept. Sci. Ind. Res, New Zeal., Tech. Rep.* 9.
4. Pierce, J. H. 1982. Solar growing techniques. *Proc. 21st Ins. Hortic. Congr.* II:1930 (Abstract.)
5. Song, K.W. 1975. Studies on the photosynthetic characteristics of hot pepper. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 16:192-199 (in Korea).
6. Stwens M. P. 1985. *Polymer Chemistry* : Oxford Univ. Press : New York
7. White, J. H. 1984. Greenhouse coverings-present status and future trends. *Growers Talks* 48(4):64-71.
8. Woo, Y. H. 1995. Growth response of spinach(*Spinacia oleracea*). as affected by cooling methods and covering materials of summer greenhouses and analysis of cooling efficiency. PhD thesis, Kyunghee Univ. (in Korea).
9. 堀裕, 新井, 和夫, 僕穰, 白石憲郎. 1968. 光條件に對するそ菜の生育反應に關する研究 (2).長時間照明がそ菜の生育に及ぼす影響. *野試年譜*. A7:173-185, A9:181 -188.
10. 星野和生, 吉川夫, 野口正樹, 池田澄男. 1977. 野菜の水量成立要因の 解析に關する研究. I. 生長解析法によるレタスの多數條件の檢索. *野試年譜*. A(3):1-29.
11. 原藺芳信, 陳青雲, 吉本眞由美. 1997. フィルム付着水がハウス内の日射透過, 溫濕度環境に及ぼす影響. *農業氣象*. 53(3):175-183.
12. Chun, H. 1998. Effects of different types of greenhouse and training methods on canopy, growth and yield of green pepper(*Capsicum annuum* L.). Ph. D. thesis. Dongguk Univ. Seoul. p18-24 (in Korea).
13. Chun, H., J. Y. Kim, H. W. Kim, S. Y. Lee, Y. I. Nam and K. J. Kim. 2001.

- Growth of green pepper(*Capsicum annuum* L.) in Greenhouse covered with light diffusion film. J. of Bio-Environment Control. 10(3):181-186 (in Korean).
14. Chun, H., Y. S. Kwon, H. H. Kim and S. Y. Lee. 1997. Effect of anti-dropping on environment and oriental melon(*Cucumis melo*. var. macuwa) growth in soft plastics film house. J. of Bio-Environment Control(Abstract). 6(1):53-58 (in Korean).
 15. Chun, H., Y. S. Kwon, Y. I. Nam, T. Y. Kim, I. H. Cho, K. W. Park and Y. B. Lee. 1994. Effect of training form on mass production of cucumber plant (*Cucumis sativus* L.). J. of Bio-Environment Control. 3(1):20-27(in Korean).
 16. Godbey, L. C., T. E. Bond, and H. F. Zorig. 1979. Transmission of solar and long-wavelength energy by materials used as for solar collectors and greenhouses. Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 22:1137-1144.
 17. Harazono, Y., Q. Chen and M. Yoshimoto. 1997. Effects of dewdrop on plastic films on light transmittance, temperature and humidity in greenhouse. J. Aric. Meteorol. 53(3):175-183 (in Japanese).
 18. Jaffrin. A and S. Makhlof. 1990. Mechanism of transmission through wet polymer films. Acta Horticulturae. 281:11-24.
 19. Kim, H. H., S. Y. Lee, H. Chun, Y. I. Nam and Y. S. Kwon. 1996. Study on ventilation of rigid plastics greenhouse. Nat. Hort. Res. Ins. Res. Report. p.794-799 (in Korean).
 20. Kim, K. J., I. J. Kim, S. K. Kim and H. Chun. 1997. Effects of environment on green pepper(*Capsicum annuum* L.) canopy in greenhouses. Dongguk Journal : Natural Science. Yol. 36, pp. 157-171(in Korean).
 21. Kim, K. J., H. Chun, S. K. Kim and L. J. Kim. 1995. Effect of environmental difference in soft plastics film house on tomato(*Lycopersicum esculentum* Mill) growth and yield. Dongguk Univ. Reg. Dev. Res. Report. 12:9-19 (in Korean).
 22. Kwon, Y.S., N.Y. Heo, T.Y. Kim, H. Chun, J.S. Kwon. 1996. Studies on fruit vegetables productivity and quality differentiation on greenhouses in Korean middle and south area. Res Rept. 686-707. Nat'l Hor. Res. Institute (in Korea).
 23. McNaughton, K. G., A. K. H. Jacson, and I. J. Warrington. 1981.

- Greenhouse covering materials ; optical and thermal properties of some materials available in New Zealand. Plant. Physiol. Div., Rept. Sci. Ind. Res, New Zeal., Tech. Rep. 9.
24. Park, H. B., J. C. Kim, S. H. Kwon, J. S. Kong, S. W. Kong and K. H. Wang. 1999. Effects of soft covering films on fruit vegetable production in greenhouse. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40(2):200-204 (in Korea).
 25. Pierce, J. H. 1982. Solar growing techniques. Proc. 21st Ins. Hortic. Congr. II:1930 (Abstract.)
 26. Song, K.W. 1975. Studies on the photosynthetic characteristics of hot pepper. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 16:192-199 (in Korea).
 27. Stwens M. P. 1985. Polymer Chemistry : Oxford Univ. Press : New York
 28. White, J. H. 1984. Greenhouse coverings-present status and future trends. Growers Talks 48(4):64-71.
 29. Woo, Y. H. 1995. Growth response of spinach(*Spinacia oleracea*). as affected by cooling methods and covering materials of summer greenhouses and analysis of cooling efficiency. PhD thesis, Kyunghee Univ. (in Korea).
 - 30.堀裕, 新井, 和夫, 僕穰, 白石憲郎. 1968. 光條件に對するそ菜の生育反應に關する研究 (2).長時間照明がそ菜の生育に及ぼす影響. 野試年譜. A7:173-185, A9:181 -188.
 31. 星野和生, 吉川夫, 野口正樹, 池田澄男. 1977. 野菜の水量成立要因の 解析に關する研究. I. 生長解析法によるレタスの多數條件の檢索. 野試年譜. A(3):1-29.
 32. 原藺芳信, 陳青雲, 吉本眞由美. 1997. フィルム付着水がハウス内の日射透過, 溫濕度環境に及ぼす影響. 農 業氣象. 53(3):175-183.
 33. Yaskazu Ohkatsu, 2003. Rearch and environmental measure of polymer additives.
 34. 손기철, 윤재길, 2000. 꽃색의 신비.
 35. 남기대, 1998. 계면활성제(4).
 36. 심웅섭, 2002. 식물분자 생리학.
 37. 이병일, 2002. 신제 시설원예학.
 38. 김종득, 2000. 계면현상론.

39. 원예연구소, 2004. 고유가시대 시설재배 에너지 절감기술.
40. 국윤환, 이정민, 조순채, 1990. 콜로이드와 계면활성제
41. 특허청, 2002. 염.안료-신기술 동향 보고서.
42. 김기환, 조준식, 한성, 백영환, 강병화, 하삼철, 고석근, 2003. ECI conference.,
 "Permanant Hydrophilic Surface formation by ion assisted reaction"
43. Garth L. Wikes, Matthew B. Jonhson, Ashish M. Sukhadia, David C. Rohlfing,
 2001. ANTEC conference., "Optical haze properties of polyethylene blown
 film"
45. 심교문, 이정택, 이양수, 김건업, . "20세기 한국의 농업기상재해 특징" 한국농림
 기상학회지 제5권 제4호 2003.
46. Plastics additives & compounding- 2003. V.5 Issue 4 p.20-23
 "Stabilizing agricultural films: a question of balance"
47. Plastics additives & compounding- 2003. V.5 Issue 2 p.40-43
 "Processing aids and lubricants expand role and increase efficiency"
48. www.coating.de
49. www.inm-gmbh.de
50. www.omnexus.com
51. www.specialchem4coating.com
52. www.specialchem4polymer.com
53. www.specialchem4adhesives.com
54. www.solgel.com
55. www.pcimac.com

피복자재별 분광에너지 (2004.7.30 12:00)

Wave length(nm)	outdoor	LD	PE
300	1.98E-02	4.68E-04	2.24E-03
301	2.55E-02	8.32E-04	2.39E-03
302	2.99E-02	6.67E-04	2.57E-03
303	3.72E-02	6.03E-04	2.60E-03
304	4.61E-02	5.45E-04	2.45E-03
305	5.59E-02	7.53E-04	2.52E-03
306	6.82E-02	5.78E-04	2.62E-03
307	7.91E-02	7.26E-04	2.77E-03
308	9.33E-02	5.09E-04	3.10E-03
309	1.06E-01	6.16E-04	3.12E-03
310	1.23E-01	8.58E-04	3.15E-03
311	1.40E-01	7.70E-04	3.52E-03
312	1.57E-01	8.04E-04	3.86E-03
313	1.75E-01	7.21E-04	4.04E-03
314	1.90E-01	7.10E-04	4.89E-03
315	2.06E-01	1.02E-03	5.47E-03
316	2.20E-01	6.90E-04	5.75E-03
317	2.39E-01	8.07E-04	6.81E-03
318	2.53E-01	7.95E-04	8.29E-03
319	2.68E-01	1.06E-03	9.62E-03
320	2.83E-01	7.38E-04	1.14E-02
321	2.99E-01	9.53E-04	1.40E-02
322	3.16E-01	7.97E-04	1.73E-02
323	3.35E-01	7.51E-04	2.08E-02
324	3.59E-01	1.06E-03	2.58E-02
325	3.84E-01	1.19E-03	3.16E-02
326	4.13E-01	1.18E-03	3.83E-02
327	4.34E-01	1.05E-03	4.58E-02
328	4.58E-01	1.35E-03	5.41E-02
329	4.73E-01	1.13E-03	6.22E-02
330	4.89E-01	1.20E-03	7.18E-02
331	4.90E-01	1.24E-03	7.97E-02
332	4.96E-01	1.36E-03	8.88E-02
333	4.95E-01	1.06E-03	9.74E-02
334	4.94E-01	1.11E-03	1.06E-01
335	4.96E-01	1.23E-03	1.17E-01
336	4.97E-01	1.27E-03	1.27E-01
337	5.03E-01	1.26E-03	1.39E-01
338	5.08E-01	1.19E-03	1.51E-01
339	5.20E-01	1.37E-03	1.64E-01
340	5.26E-01	1.11E-03	1.76E-01
341	5.32E-01	1.19E-03	1.87E-01
342	5.33E-01	1.03E-03	1.97E-01
343	5.37E-01	1.09E-03	2.08E-01
344	5.37E-01	1.23E-03	2.19E-01
345	5.33E-01	1.30E-03	2.27E-01
346	5.37E-01	1.21E-03	2.37E-01
347	5.44E-01	1.12E-03	2.49E-01
348	5.54E-01	1.15E-03	2.63E-01
349	5.46E-01	6.98E-03	2.72E-01
350	5.58E-01	7.06E-03	2.86E-01
351	5.72E-01	7.08E-03	3.00E-01
352	5.82E-01	6.98E-03	3.13E-01
353	5.89E-01	7.20E-03	3.23E-01
354	5.90E-01	7.23E-03	3.30E-01
355	5.87E-01	7.25E-03	3.35E-01
356	5.82E-01	7.21E-03	3.38E-01

357	5.76E-01	7.21E-03	3.40E-01
358	5.75E-01	7.42E-03	3.45E-01
359	5.79E-01	7.51E-03	3.53E-01
360	5.88E-01	7.74E-03	3.64E-01
361	6.03E-01	7.87E-03	3.78E-01
362	6.24E-01	7.96E-03	3.96E-01
363	6.48E-01	8.02E-03	4.16E-01
364	6.72E-01	8.16E-03	4.35E-01
365	6.95E-01	8.40E-03	4.54E-01
366	7.17E-01	8.70E-03	4.72E-01
367	7.32E-01	8.91E-03	4.85E-01
368	7.40E-01	9.14E-03	4.94E-01
369	7.44E-01	9.32E-03	4.98E-01
370	7.36E-01	9.52E-03	4.96E-01
371	7.29E-01	9.72E-03	4.92E-01
372	7.16E-01	9.89E-03	4.87E-01
373	7.08E-01	1.02E-02	4.83E-01
374	7.08E-01	1.04E-02	4.84E-01
375	7.16E-01	1.06E-02	4.92E-01
376	7.31E-01	1.11E-02	5.03E-01
377	7.44E-01	1.14E-02	5.12E-01
378	7.54E-01	1.16E-02	5.19E-01
379	7.49E-01	1.19E-02	5.17E-01
380	7.36E-01	1.25E-02	5.08E-01
381	7.15E-01	1.31E-02	4.96E-01
382	6.93E-01	1.41E-02	4.82E-01
383	6.73E-01	1.54E-02	4.71E-01
384	6.64E-01	1.75E-02	4.67E-01
385	6.68E-01	2.04E-02	4.72E-01
386	6.82E-01	2.49E-02	4.84E-01
387	7.00E-01	3.08E-02	5.02E-01
388	7.24E-01	3.84E-02	5.21E-01
389	7.42E-01	4.76E-02	5.37E-01
390	7.51E-01	5.89E-02	5.46E-01
391	7.54E-01	7.17E-02	5.50E-01
392	7.48E-01	8.91E-02	5.49E-01
393	7.41E-01	1.08E-01	5.47E-01
394	7.45E-01	1.33E-01	5.51E-01
395	7.63E-01	1.64E-01	5.67E-01
396	7.98E-01	2.03E-01	5.94E-01
397	8.50E-01	2.48E-01	6.38E-01
398	9.21E-01	3.00E-01	6.90E-01
399	9.95E-01	3.56E-01	7.50E-01
400	1.06E+00	4.11E-01	8.02E-01
401	1.12E+00	4.62E-01	8.47E-01
402	1.16E+00	5.05E-01	8.78E-01
403	1.19E+00	5.49E-01	8.99E-01
404	1.20E+00	5.82E-01	9.09E-01
405	1.20E+00	6.10E-01	9.14E-01
406	1.20E+00	6.35E-01	9.16E-01
407	1.21E+00	6.60E-01	9.22E-01
408	1.21E+00	6.84E-01	9.27E-01
409	1.22E+00	7.08E-01	9.36E-01
410	1.23E+00	7.33E-01	9.47E-01
411	1.25E+00	7.57E-01	9.59E-01
412	1.26E+00	7.79E-01	9.69E-01
413	1.27E+00	7.98E-01	9.80E-01
414	1.28E+00	8.12E-01	9.89E-01
415	1.29E+00	8.26E-01	9.90E-01
416	1.29E+00	8.35E-01	9.92E-01
417	1.28E+00	8.41E-01	9.93E-01
418	1.28E+00	8.46E-01	9.90E-01

419	1.27E+00	8.45E-01	9.76E-01
420	1.26E+00	8.49E-01	9.74E-01
421	1.26E+00	8.54E-01	9.74E-01
422	1.26E+00	8.57E-01	9.72E-01
423	1.25E+00	8.58E-01	9.70E-01
424	1.25E+00	8.58E-01	9.63E-01
425	1.23E+00	8.52E-01	9.56E-01
426	1.21E+00	8.43E-01	9.43E-01
427	1.20E+00	8.33E-01	9.29E-01
428	1.18E+00	8.25E-01	9.15E-01
429	1.17E+00	8.21E-01	9.09E-01
430	1.17E+00	8.24E-01	9.08E-01
431	1.18E+00	8.36E-01	9.18E-01
432	1.20E+00	8.56E-01	9.37E-01
433	1.23E+00	8.80E-01	9.60E-01
434	1.26E+00	9.04E-01	9.85E-01
435	1.29E+00	9.27E-01	1.01E+00
436	1.31E+00	9.47E-01	1.03E+00
437	1.33E+00	9.61E-01	1.04E+00
438	1.35E+00	9.75E-01	1.05E+00
439	1.36E+00	9.89E-01	1.07E+00
440	1.38E+00	1.01E+00	1.08E+00
441	1.40E+00	1.02E+00	1.10E+00
442	1.42E+00	1.04E+00	1.12E+00
443	1.44E+00	1.06E+00	1.13E+00
444	1.46E+00	1.07E+00	1.15E+00
445	1.47E+00	1.09E+00	1.16E+00
446	1.49E+00	1.11E+00	1.18E+00
447	1.51E+00	1.12E+00	1.20E+00
448	1.53E+00	1.14E+00	1.21E+00
449	1.54E+00	1.15E+00	1.22E+00
450	1.55E+00	1.16E+00	1.24E+00
451	1.56E+00	1.17E+00	1.24E+00
452	1.56E+00	1.18E+00	1.25E+00
453	1.57E+00	1.18E+00	1.25E+00
454	1.57E+00	1.18E+00	1.25E+00
455	1.57E+00	1.19E+00	1.26E+00
456	1.58E+00	1.19E+00	1.26E+00
457	1.58E+00	1.20E+00	1.27E+00
458	1.59E+00	1.21E+00	1.28E+00
459	1.60E+00	1.22E+00	1.29E+00
460	1.60E+00	1.22E+00	1.29E+00
461	1.61E+00	1.23E+00	1.30E+00
462	1.61E+00	1.23E+00	1.30E+00
463	1.61E+00	1.23E+00	1.30E+00
464	1.60E+00	1.23E+00	1.30E+00
465	1.60E+00	1.23E+00	1.30E+00
466	1.59E+00	1.23E+00	1.29E+00
467	1.59E+00	1.23E+00	1.30E+00
468	1.59E+00	1.23E+00	1.29E+00
469	1.59E+00	1.23E+00	1.30E+00
470	1.60E+00	1.24E+00	1.30E+00
471	1.60E+00	1.25E+00	1.31E+00
472	1.61E+00	1.25E+00	1.31E+00
473	1.61E+00	1.26E+00	1.32E+00
474	1.62E+00	1.26E+00	1.32E+00
475	1.63E+00	1.27E+00	1.33E+00
476	1.63E+00	1.28E+00	1.34E+00
477	1.64E+00	1.28E+00	1.34E+00
478	1.65E+00	1.29E+00	1.35E+00
479	1.65E+00	1.30E+00	1.36E+00
480	1.65E+00	1.30E+00	1.35E+00

481	1.64E+00	1.29E+00	1.35E+00
482	1.63E+00	1.28E+00	1.34E+00
483	1.61E+00	1.27E+00	1.32E+00
484	1.59E+00	1.25E+00	1.30E+00
485	1.56E+00	1.24E+00	1.29E+00
486	1.55E+00	1.23E+00	1.27E+00
487	1.54E+00	1.22E+00	1.27E+00
488	1.54E+00	1.22E+00	1.27E+00
489	1.55E+00	1.23E+00	1.28E+00
490	1.56E+00	1.24E+00	1.29E+00
491	1.58E+00	1.26E+00	1.30E+00
492	1.59E+00	1.27E+00	1.31E+00
493	1.59E+00	1.27E+00	1.32E+00
494	1.60E+00	1.28E+00	1.32E+00
495	1.60E+00	1.28E+00	1.32E+00
496	1.60E+00	1.28E+00	1.33E+00
497	1.60E+00	1.28E+00	1.32E+00
498	1.59E+00	1.27E+00	1.32E+00
499	1.58E+00	1.26E+00	1.31E+00
500	1.57E+00	1.26E+00	1.30E+00
501	1.56E+00	1.25E+00	1.30E+00
502	1.55E+00	1.25E+00	1.29E+00
503	1.55E+00	1.25E+00	1.29E+00
504	1.55E+00	1.25E+00	1.29E+00
505	1.56E+00	1.26E+00	1.29E+00
506	1.56E+00	1.26E+00	1.30E+00
507	1.56E+00	1.27E+00	1.30E+00
508	1.57E+00	1.27E+00	1.31E+00
509	1.57E+00	1.27E+00	1.31E+00
510	1.57E+00	1.27E+00	1.31E+00
511	1.56E+00	1.27E+00	1.30E+00
512	1.55E+00	1.26E+00	1.29E+00
513	1.54E+00	1.25E+00	1.28E+00
514	1.52E+00	1.24E+00	1.27E+00
515	1.50E+00	1.22E+00	1.25E+00
516	1.48E+00	1.21E+00	1.24E+00
517	1.47E+00	1.20E+00	1.23E+00
518	1.47E+00	1.20E+00	1.23E+00
519	1.48E+00	1.21E+00	1.24E+00
520	1.49E+00	1.22E+00	1.25E+00
521	1.50E+00	1.23E+00	1.26E+00
522	1.52E+00	1.24E+00	1.27E+00
523	1.53E+00	1.25E+00	1.28E+00
524	1.53E+00	1.25E+00	1.29E+00
525	1.53E+00	1.26E+00	1.29E+00
526	1.54E+00	1.26E+00	1.29E+00
527	1.54E+00	1.26E+00	1.30E+00
528	1.55E+00	1.27E+00	1.30E+00
529	1.55E+00	1.28E+00	1.30E+00
530	1.56E+00	1.28E+00	1.31E+00
531	1.56E+00	1.29E+00	1.31E+00
532	1.57E+00	1.29E+00	1.32E+00
533	1.57E+00	1.29E+00	1.32E+00
534	1.57E+00	1.29E+00	1.32E+00
535	1.56E+00	1.29E+00	1.31E+00
536	1.56E+00	1.29E+00	1.31E+00
537	1.55E+00	1.29E+00	1.31E+00
538	1.55E+00	1.28E+00	1.30E+00
539	1.54E+00	1.28E+00	1.30E+00
540	1.53E+00	1.27E+00	1.29E+00
541	1.53E+00	1.27E+00	1.29E+00
542	1.53E+00	1.27E+00	1.29E+00

543	1.54E+00	1.28E+00	1.29E+00
544	1.54E+00	1.28E+00	1.29E+00
545	1.54E+00	1.28E+00	1.29E+00
546	1.54E+00	1.28E+00	1.30E+00
547	1.54E+00	1.28E+00	1.30E+00
548	1.54E+00	1.29E+00	1.30E+00
549	1.54E+00	1.29E+00	1.30E+00
550	1.54E+00	1.29E+00	1.30E+00
551	1.54E+00	1.29E+00	1.30E+00
552	1.54E+00	1.29E+00	1.30E+00
553	1.54E+00	1.29E+00	1.30E+00
554	1.54E+00	1.28E+00	1.30E+00
555	1.53E+00	1.28E+00	1.30E+00
556	1.53E+00	1.28E+00	1.29E+00
557	1.52E+00	1.27E+00	1.28E+00
558	1.51E+00	1.27E+00	1.28E+00
559	1.50E+00	1.26E+00	1.27E+00
560	1.50E+00	1.26E+00	1.27E+00
561	1.50E+00	1.26E+00	1.27E+00
562	1.50E+00	1.26E+00	1.27E+00
563	1.50E+00	1.26E+00	1.27E+00
564	1.50E+00	1.26E+00	1.27E+00
565	1.50E+00	1.26E+00	1.27E+00
566	1.49E+00	1.26E+00	1.26E+00
567	1.49E+00	1.25E+00	1.26E+00
568	1.48E+00	1.25E+00	1.26E+00
569	1.48E+00	1.25E+00	1.25E+00
570	1.48E+00	1.25E+00	1.25E+00
571	1.48E+00	1.25E+00	1.25E+00
572	1.48E+00	1.25E+00	1.25E+00
573	1.48E+00	1.25E+00	1.25E+00
574	1.48E+00	1.25E+00	1.26E+00
575	1.48E+00	1.25E+00	1.25E+00
576	1.48E+00	1.25E+00	1.26E+00
577	1.48E+00	1.25E+00	1.26E+00
578	1.49E+00	1.26E+00	1.25E+00
579	1.49E+00	1.26E+00	1.26E+00
580	1.49E+00	1.26E+00	1.26E+00
581	1.49E+00	1.27E+00	1.27E+00
582	1.49E+00	1.27E+00	1.27E+00
583	1.49E+00	1.27E+00	1.26E+00
584	1.48E+00	1.26E+00	1.25E+00
585	1.47E+00	1.24E+00	1.24E+00
586	1.45E+00	1.23E+00	1.22E+00
587	1.43E+00	1.21E+00	1.21E+00
588	1.40E+00	1.19E+00	1.18E+00
589	1.39E+00	1.18E+00	1.17E+00
590	1.37E+00	1.17E+00	1.16E+00
591	1.37E+00	1.16E+00	1.15E+00
592	1.37E+00	1.16E+00	1.15E+00
593	1.37E+00	1.17E+00	1.16E+00
594	1.38E+00	1.18E+00	1.16E+00
595	1.39E+00	1.18E+00	1.17E+00
596	1.40E+00	1.19E+00	1.18E+00
597	1.40E+00	1.18E+00	1.20E+00
598	1.41E+00	1.19E+00	1.20E+00
599	1.42E+00	1.20E+00	1.21E+00
600	1.42E+00	1.20E+00	1.22E+00
601	1.43E+00	1.20E+00	1.22E+00
602	1.43E+00	1.21E+00	1.23E+00
603	1.44E+00	1.21E+00	1.23E+00
604	1.44E+00	1.22E+00	1.23E+00

605	1.44E+00	1.22E+00	1.24E+00
606	1.44E+00	1.22E+00	1.24E+00
607	1.44E+00	1.22E+00	1.24E+00
608	1.44E+00	1.21E+00	1.23E+00
609	1.43E+00	1.21E+00	1.23E+00
610	1.42E+00	1.20E+00	1.22E+00
611	1.42E+00	1.20E+00	1.22E+00
612	1.41E+00	1.19E+00	1.21E+00
613	1.41E+00	1.18E+00	1.21E+00
614	1.40E+00	1.18E+00	1.20E+00
615	1.40E+00	1.17E+00	1.20E+00
616	1.40E+00	1.18E+00	1.20E+00
617	1.39E+00	1.17E+00	1.20E+00
618	1.40E+00	1.17E+00	1.20E+00
619	1.40E+00	1.18E+00	1.21E+00
620	1.40E+00	1.17E+00	1.21E+00
621	1.40E+00	1.17E+00	1.21E+00
622	1.39E+00	1.17E+00	1.20E+00
623	1.38E+00	1.16E+00	1.20E+00
624	1.38E+00	1.15E+00	1.19E+00
625	1.37E+00	1.15E+00	1.18E+00
626	1.36E+00	1.14E+00	1.18E+00
627	1.36E+00	1.14E+00	1.17E+00
628	1.35E+00	1.13E+00	1.17E+00
629	1.35E+00	1.13E+00	1.17E+00
630	1.35E+00	1.13E+00	1.17E+00
631	1.35E+00	1.13E+00	1.17E+00
632	1.35E+00	1.13E+00	1.17E+00
633	1.35E+00	1.13E+00	1.17E+00
634	1.36E+00	1.13E+00	1.18E+00
635	1.36E+00	1.14E+00	1.18E+00
636	1.36E+00	1.14E+00	1.18E+00
637	1.36E+00	1.14E+00	1.18E+00
638	1.36E+00	1.14E+00	1.18E+00
639	1.36E+00	1.14E+00	1.18E+00
640	1.36E+00	1.13E+00	1.18E+00
641	1.35E+00	1.13E+00	1.18E+00
642	1.35E+00	1.12E+00	1.17E+00
643	1.34E+00	1.12E+00	1.16E+00
644	1.33E+00	1.11E+00	1.15E+00
645	1.31E+00	1.10E+00	1.15E+00
646	1.31E+00	1.09E+00	1.14E+00
647	1.29E+00	1.08E+00	1.13E+00
648	1.29E+00	1.07E+00	1.12E+00
649	1.28E+00	1.07E+00	1.12E+00
650	1.28E+00	1.06E+00	1.12E+00
651	1.27E+00	1.06E+00	1.11E+00
652	1.27E+00	1.06E+00	1.11E+00
653	1.26E+00	1.05E+00	1.10E+00
654	1.25E+00	1.04E+00	1.10E+00
655	1.25E+00	1.04E+00	1.09E+00
656	1.25E+00	1.04E+00	1.09E+00
657	1.25E+00	1.04E+00	1.10E+00
658	1.26E+00	1.05E+00	1.11E+00
659	1.28E+00	1.06E+00	1.12E+00
660	1.30E+00	1.07E+00	1.13E+00
661	1.31E+00	1.09E+00	1.15E+00
662	1.32E+00	1.10E+00	1.16E+00
663	1.33E+00	1.10E+00	1.16E+00
664	1.33E+00	1.10E+00	1.16E+00
665	1.33E+00	1.10E+00	1.16E+00
666	1.33E+00	1.10E+00	1.17E+00

667	1.33E+00	1.10E+00	1.16E+00
668	1.33E+00	1.10E+00	1.16E+00
669	1.32E+00	1.10E+00	1.16E+00
670	1.32E+00	1.10E+00	1.16E+00
671	1.32E+00	1.09E+00	1.16E+00
672	1.32E+00	1.09E+00	1.15E+00
673	1.32E+00	1.08E+00	1.15E+00
674	1.31E+00	1.08E+00	1.15E+00
675	1.31E+00	1.08E+00	1.15E+00
676	1.31E+00	1.08E+00	1.15E+00
677	1.31E+00	1.08E+00	1.15E+00
678	1.30E+00	1.08E+00	1.15E+00
679	1.30E+00	1.07E+00	1.15E+00
680	1.30E+00	1.07E+00	1.14E+00
681	1.29E+00	1.06E+00	1.14E+00
682	1.28E+00	1.05E+00	1.13E+00
683	1.26E+00	1.04E+00	1.11E+00
684	1.24E+00	1.02E+00	1.09E+00
685	1.21E+00	9.96E-01	1.07E+00
686	1.19E+00	9.73E-01	1.05E+00
687	1.16E+00	9.52E-01	1.03E+00
688	1.14E+00	9.36E-01	1.01E+00
689	1.13E+00	9.26E-01	9.99E-01
690	1.12E+00	9.20E-01	9.92E-01
691	1.12E+00	9.17E-01	9.89E-01
692	1.12E+00	9.19E-01	9.90E-01
693	1.12E+00	9.20E-01	9.95E-01
694	1.13E+00	9.21E-01	9.99E-01
695	1.13E+00	9.24E-01	9.99E-01
696	1.14E+00	9.27E-01	1.00E+00
697	1.13E+00	9.29E-01	1.00E+00
698	1.14E+00	9.29E-01	1.01E+00
699	1.13E+00	9.28E-01	1.01E+00
700	1.13E+00	9.25E-01	1.00E+00
701	1.13E+00	9.23E-01	1.00E+00
702	1.13E+00	9.24E-01	1.00E+00
703	1.14E+00	9.28E-01	1.01E+00
704	1.14E+00	9.31E-01	1.01E+00
705	1.15E+00	9.37E-01	1.02E+00
706	1.16E+00	9.42E-01	1.03E+00
707	1.16E+00	9.49E-01	1.03E+00
708	1.17E+00	9.52E-01	1.04E+00
709	1.17E+00	9.54E-01	1.04E+00
710	1.17E+00	9.54E-01	1.04E+00
711	1.17E+00	9.48E-01	1.04E+00
712	1.15E+00	9.36E-01	1.03E+00
713	1.13E+00	9.17E-01	1.00E+00
714	1.09E+00	8.87E-01	9.72E-01
715	1.05E+00	8.49E-01	9.31E-01
716	9.93E-01	8.04E-01	8.82E-01
717	9.44E-01	7.63E-01	8.38E-01
718	9.03E-01	7.29E-01	8.02E-01
719	8.76E-01	7.08E-01	7.77E-01
720	8.64E-01	6.98E-01	7.65E-01
721	8.61E-01	6.96E-01	7.64E-01
722	8.66E-01	6.99E-01	7.68E-01
723	8.71E-01	7.02E-01	7.71E-01
724	8.71E-01	7.02E-01	7.72E-01
725	8.66E-01	6.98E-01	7.68E-01
726	8.62E-01	6.94E-01	7.64E-01
727	8.61E-01	6.93E-01	7.63E-01
728	8.66E-01	6.99E-01	7.71E-01

729	8.82E-01	7.10E-01	7.83E-01
730	9.02E-01	7.28E-01	8.03E-01
731	9.30E-01	7.50E-01	8.27E-01
732	9.58E-01	7.73E-01	8.54E-01
733	9.88E-01	7.95E-01	8.79E-01
734	1.01E+00	8.17E-01	9.02E-01
735	1.03E+00	8.34E-01	9.22E-01
736	1.05E+00	8.47E-01	9.38E-01
737	1.06E+00	8.55E-01	9.49E-01
738	1.07E+00	8.65E-01	9.58E-01
739	1.08E+00	8.73E-01	9.68E-01
740	1.09E+00	8.82E-01	9.77E-01
741	1.10E+00	8.87E-01	9.87E-01
742	1.11E+00	8.97E-01	9.96E-01
743	1.12E+00	9.02E-01	1.00E+00
744	1.13E+00	9.07E-01	1.01E+00
745	1.13E+00	9.11E-01	1.01E+00
746	1.14E+00	9.11E-01	1.02E+00
747	1.14E+00	9.12E-01	1.02E+00
748	1.14E+00	9.11E-01	1.02E+00
749	1.13E+00	9.12E-01	1.02E+00
750	1.14E+00	9.10E-01	1.02E+00
751	1.13E+00	9.08E-01	1.01E+00
752	1.13E+00	9.05E-01	1.01E+00
753	1.13E+00	8.99E-01	1.01E+00
754	1.12E+00	8.90E-01	1.00E+00
755	1.09E+00	8.72E-01	9.79E-01
756	1.05E+00	8.37E-01	9.40E-01
757	9.87E-01	7.85E-01	8.84E-01
758	9.07E-01	7.23E-01	8.13E-01
759	8.21E-01	6.53E-01	7.36E-01
760	7.43E-01	5.92E-01	6.66E-01
761	6.84E-01	5.46E-01	6.15E-01
762	6.55E-01	5.22E-01	5.88E-01
763	6.59E-01	5.28E-01	5.92E-01
764	6.96E-01	5.57E-01	6.26E-01
765	7.55E-01	6.03E-01	6.78E-01
766	8.21E-01	6.57E-01	7.40E-01
767	8.90E-01	7.09E-01	7.99E-01
768	9.49E-01	7.55E-01	8.53E-01
769	9.97E-01	7.93E-01	8.96E-01
770	1.03E+00	8.20E-01	9.27E-01
771	1.05E+00	8.39E-01	9.49E-01
772	1.07E+00	8.46E-01	9.60E-01
773	1.08E+00	8.54E-01	9.67E-01
774	1.08E+00	8.54E-01	9.71E-01
775	1.08E+00	8.56E-01	9.71E-01
776	1.08E+00	8.53E-01	9.68E-01
777	1.07E+00	8.51E-01	9.68E-01
778	1.07E+00	8.47E-01	9.67E-01
779	1.07E+00	8.46E-01	9.65E-01
780	1.07E+00	8.44E-01	9.65E-01
781	1.07E+00	8.41E-01	9.62E-01
782	1.06E+00	8.38E-01	9.58E-01
783	1.06E+00	8.35E-01	9.54E-01
784	1.05E+00	8.28E-01	9.51E-01
785	1.05E+00	8.24E-01	9.43E-01
786	1.03E+00	8.16E-01	9.32E-01
787	1.02E+00	8.08E-01	9.23E-01
788	1.01E+00	7.96E-01	9.12E-01
789	1.00E+00	7.90E-01	9.03E-01
790	9.94E-01	7.81E-01	8.97E-01

791	9.87E-01	7.76E-01	8.91E-01
792	9.82E-01	7.71E-01	8.86E-01
793	9.79E-01	7.70E-01	8.83E-01
794	9.77E-01	7.66E-01	8.82E-01
795	9.76E-01	7.66E-01	8.80E-01
796	9.74E-01	7.66E-01	8.80E-01
797	9.73E-01	7.64E-01	8.78E-01
798	9.69E-01	7.59E-01	8.75E-01
799	9.66E-01	7.55E-01	8.72E-01
800	9.61E-01	7.53E-01	8.68E-01
801	9.57E-01	7.50E-01	8.65E-01
802	9.56E-01	7.48E-01	8.63E-01
803	9.56E-01	7.49E-01	8.63E-01
804	9.55E-01	7.47E-01	8.64E-01
805	9.57E-01	7.47E-01	8.63E-01
806	9.53E-01	7.45E-01	8.62E-01
807	9.50E-01	7.43E-01	8.58E-01
808	9.40E-01	7.34E-01	8.49E-01
809	9.22E-01	7.22E-01	8.34E-01
810	8.99E-01	7.01E-01	8.11E-01
811	8.67E-01	6.74E-01	7.82E-01
812	8.30E-01	6.45E-01	7.48E-01
813	7.91E-01	6.14E-01	7.13E-01
814	7.55E-01	5.85E-01	6.80E-01
815	7.23E-01	5.60E-01	6.50E-01
816	7.01E-01	5.42E-01	6.30E-01
817	6.91E-01	5.34E-01	6.20E-01
818	6.88E-01	5.32E-01	6.19E-01
819	6.92E-01	5.37E-01	6.23E-01
820	7.00E-01	5.42E-01	6.31E-01
821	7.09E-01	5.49E-01	6.38E-01
822	7.18E-01	5.56E-01	6.47E-01
823	7.28E-01	5.64E-01	6.56E-01
824	7.36E-01	5.69E-01	6.63E-01
825	7.43E-01	5.76E-01	6.70E-01
826	7.51E-01	5.81E-01	6.77E-01
827	7.59E-01	5.86E-01	6.84E-01
828	7.64E-01	5.91E-01	6.89E-01
829	7.66E-01	5.91E-01	6.89E-01
830	7.67E-01	5.93E-01	6.92E-01
831	7.72E-01	5.95E-01	6.97E-01
832	7.81E-01	6.04E-01	7.04E-01
833	7.93E-01	6.12E-01	7.15E-01
834	8.07E-01	6.23E-01	7.29E-01
835	8.23E-01	6.35E-01	7.44E-01
836	8.37E-01	6.45E-01	7.56E-01
837	8.51E-01	6.57E-01	7.71E-01
838	8.64E-01	6.67E-01	7.82E-01
839	8.75E-01	6.74E-01	7.91E-01
840	8.84E-01	6.81E-01	7.99E-01
841	8.91E-01	6.85E-01	8.06E-01
842	8.96E-01	6.89E-01	8.12E-01
843	9.01E-01	6.91E-01	8.16E-01
844	9.04E-01	6.94E-01	8.19E-01
845	9.07E-01	6.96E-01	8.22E-01
846	9.05E-01	6.95E-01	8.20E-01
847	9.02E-01	6.92E-01	8.17E-01
848	8.95E-01	6.87E-01	8.11E-01
849	8.90E-01	6.81E-01	8.05E-01
850	8.80E-01	6.75E-01	7.97E-01
851	8.70E-01	6.66E-01	7.87E-01
852	8.60E-01	6.57E-01	7.77E-01

853	8.53E-01	6.53E-01	7.73E-01
854	8.53E-01	6.53E-01	7.70E-01
855	8.55E-01	6.55E-01	7.73E-01
856	8.61E-01	6.58E-01	7.78E-01
857	8.69E-01	6.62E-01	7.86E-01
858	8.79E-01	6.72E-01	7.95E-01
859	8.87E-01	6.78E-01	8.02E-01
860	8.91E-01	6.81E-01	8.06E-01
861	8.90E-01	6.80E-01	8.05E-01
862	8.87E-01	6.79E-01	8.01E-01
863	8.79E-01	6.72E-01	7.93E-01
864	8.72E-01	6.64E-01	7.86E-01
865	8.63E-01	6.60E-01	7.78E-01
866	8.57E-01	6.54E-01	7.71E-01
867	8.54E-01	6.51E-01	7.69E-01
868	8.54E-01	6.50E-01	7.70E-01
869	8.57E-01	6.52E-01	7.72E-01
870	8.61E-01	6.54E-01	7.76E-01
871	8.65E-01	6.57E-01	7.79E-01
872	8.68E-01	6.59E-01	7.82E-01
873	8.69E-01	6.59E-01	7.82E-01
874	8.67E-01	6.59E-01	7.83E-01
875	8.65E-01	6.56E-01	7.82E-01
876	8.62E-01	6.55E-01	7.79E-01
877	8.59E-01	6.53E-01	7.78E-01
878	8.56E-01	6.49E-01	7.76E-01
879	8.53E-01	6.47E-01	7.73E-01
880	8.51E-01	6.46E-01	7.71E-01
881	8.48E-01	6.43E-01	7.69E-01
882	8.47E-01	6.42E-01	7.67E-01
883	8.44E-01	6.40E-01	7.65E-01
884	8.41E-01	6.37E-01	7.64E-01
885	8.39E-01	6.37E-01	7.60E-01
886	8.36E-01	6.34E-01	7.59E-01
887	8.33E-01	6.30E-01	7.55E-01
888	8.29E-01	6.27E-01	7.53E-01
889	8.23E-01	6.20E-01	7.46E-01
890	8.11E-01	6.12E-01	7.36E-01
891	7.96E-01	5.99E-01	7.22E-01
892	7.73E-01	5.83E-01	7.00E-01
893	7.43E-01	5.59E-01	6.73E-01
894	7.07E-01	5.28E-01	6.39E-01
895	6.66E-01	4.98E-01	6.01E-01
896	6.25E-01	4.66E-01	5.63E-01
897	5.86E-01	4.37E-01	5.29E-01
898	5.55E-01	4.14E-01	5.00E-01
899	5.33E-01	3.99E-01	4.80E-01
900	5.25E-01	3.93E-01	4.72E-01
901	5.29E-01	3.96E-01	4.76E-01
902	5.40E-01	4.05E-01	4.87E-01
903	5.56E-01	4.17E-01	5.01E-01
904	5.67E-01	4.25E-01	5.10E-01
905	5.72E-01	4.27E-01	5.14E-01
906	5.66E-01	4.22E-01	5.09E-01
907	5.51E-01	4.12E-01	4.96E-01
908	5.34E-01	3.98E-01	4.80E-01
909	5.15E-01	3.84E-01	4.62E-01
910	4.99E-01	3.72E-01	4.47E-01
911	4.87E-01	3.63E-01	4.36E-01
912	4.79E-01	3.57E-01	4.29E-01
913	4.73E-01	3.52E-01	4.23E-01
914	4.69E-01	3.49E-01	4.20E-01

915	4.67E-01	3.48E-01	4.19E-01
916	4.71E-01	3.52E-01	4.23E-01
917	4.82E-01	3.59E-01	4.34E-01
918	4.98E-01	3.71E-01	4.49E-01
919	5.17E-01	3.86E-01	4.66E-01
920	5.33E-01	3.98E-01	4.82E-01
921	5.46E-01	4.07E-01	4.95E-01
922	5.54E-01	4.12E-01	5.00E-01
923	5.51E-01	4.11E-01	4.99E-01
924	5.42E-01	4.03E-01	4.90E-01
925	5.21E-01	3.87E-01	4.71E-01
926	4.91E-01	3.64E-01	4.43E-01
927	4.52E-01	3.34E-01	4.11E-01
928	4.09E-01	2.98E-01	3.64E-01
929	3.51E-01	2.57E-01	3.15E-01
930	2.94E-01	2.14E-01	2.62E-01
931	2.38E-01	1.72E-01	2.11E-01
932	1.89E-01	1.36E-01	1.67E-01
933	1.50E-01	1.08E-01	1.32E-01
934	1.24E-01	8.93E-02	1.09E-01
935	1.11E-01	8.01E-02	9.73E-02
936	1.10E-01	8.01E-02	9.69E-02
937	1.20E-01	8.73E-02	1.05E-01
938	1.35E-01	9.86E-02	1.19E-01
939	1.47E-01	1.08E-01	1.30E-01
940	1.59E-01	1.16E-01	1.41E-01
941	1.67E-01	1.22E-01	1.48E-01
942	1.69E-01	1.23E-01	1.50E-01
943	1.66E-01	1.20E-01	1.47E-01
944	1.60E-01	1.16E-01	1.42E-01
945	1.56E-01	1.13E-01	1.38E-01
946	1.54E-01	1.12E-01	1.37E-01
947	1.56E-01	1.13E-01	1.38E-01
948	1.59E-01	1.16E-01	1.41E-01
949	1.63E-01	1.19E-01	1.45E-01
950	1.67E-01	1.22E-01	1.49E-01
951	1.71E-01	1.25E-01	1.52E-01
952	1.75E-01	1.28E-01	1.56E-01
953	1.79E-01	1.31E-01	1.59E-01
954	1.84E-01	1.35E-01	1.64E-01
955	1.91E-01	1.40E-01	1.70E-01
956	1.98E-01	1.45E-01	1.77E-01
957	2.06E-01	1.51E-01	1.84E-01
958	2.15E-01	1.57E-01	1.92E-01
959	2.24E-01	1.65E-01	2.01E-01
960	2.36E-01	1.73E-01	2.12E-01
961	2.49E-01	1.83E-01	2.22E-01
962	2.62E-01	1.93E-01	2.36E-01
963	2.77E-01	2.05E-01	2.49E-01
964	2.95E-01	2.19E-01	2.67E-01
965	3.18E-01	2.37E-01	2.88E-01
966	3.47E-01	2.58E-01	3.12E-01
967	3.77E-01	2.81E-01	3.42E-01
968	4.09E-01	3.05E-01	3.72E-01
969	4.39E-01	3.25E-01	3.98E-01
970	4.61E-01	3.42E-01	4.19E-01
971	4.73E-01	3.51E-01	4.32E-01
972	4.78E-01	3.53E-01	4.34E-01
973	4.72E-01	3.49E-01	4.31E-01
974	4.65E-01	3.43E-01	4.24E-01
975	4.59E-01	3.39E-01	4.18E-01
976	4.57E-01	3.38E-01	4.16E-01

977	4.59E-01	3.40E-01	4.18E-01
978	4.68E-01	3.47E-01	4.27E-01
979	4.81E-01	3.57E-01	4.39E-01
980	4.97E-01	3.70E-01	4.54E-01
981	5.14E-01	3.82E-01	4.70E-01
982	5.31E-01	3.95E-01	4.86E-01
983	5.49E-01	4.08E-01	5.03E-01
984	5.67E-01	4.22E-01	5.19E-01
985	5.84E-01	4.34E-01	5.35E-01
986	5.97E-01	4.45E-01	5.48E-01
987	6.10E-01	4.55E-01	5.60E-01
988	6.20E-01	4.63E-01	5.70E-01
989	6.29E-01	4.69E-01	5.79E-01
990	6.36E-01	4.75E-01	5.87E-01
991	6.42E-01	4.80E-01	5.91E-01
992	6.47E-01	4.82E-01	5.95E-01
993	6.50E-01	4.85E-01	6.00E-01
994	6.55E-01	4.88E-01	6.03E-01
995	6.58E-01	4.90E-01	6.06E-01
996	6.59E-01	4.93E-01	6.07E-01
997	6.61E-01	4.93E-01	6.10E-01
998	6.62E-01	4.93E-01	6.10E-01
999	6.60E-01	4.92E-01	6.08E-01
1000	6.57E-01	4.90E-01	6.06E-01
1001	6.54E-01	4.88E-01	6.03E-01
1002	6.51E-01	4.86E-01	6.01E-01
1003	6.47E-01	4.82E-01	5.97E-01
1004	6.45E-01	4.81E-01	5.95E-01
1005	6.42E-01	4.80E-01	5.94E-01
1006	6.41E-01	4.78E-01	5.93E-01
1007	6.42E-01	4.79E-01	5.93E-01
1008	6.42E-01	4.80E-01	5.94E-01
1009	6.45E-01	4.82E-01	5.98E-01
1010	6.47E-01	4.84E-01	5.98E-01
1011	6.49E-01	4.85E-01	6.01E-01
1012	6.51E-01	4.86E-01	6.02E-01
1013	6.51E-01	4.87E-01	6.04E-01
1014	6.53E-01	4.87E-01	6.04E-01
1015	6.54E-01	4.89E-01	6.05E-01
1016	6.54E-01	4.90E-01	6.05E-01
1017	6.54E-01	4.89E-01	6.06E-01
1018	6.53E-01	4.89E-01	6.06E-01
1019	6.53E-01	4.88E-01	6.05E-01
1020	6.52E-01	4.89E-01	6.03E-01
1021	6.51E-01	4.87E-01	6.03E-01
1022	6.50E-01	4.88E-01	6.04E-01
1023	6.49E-01	4.87E-01	6.03E-01
1024	6.49E-01	4.87E-01	6.04E-01
1025	6.49E-01	4.87E-01	6.04E-01
1026	6.49E-01	4.88E-01	6.04E-01
1027	6.50E-01	4.89E-01	6.05E-01
1028	6.50E-01	4.90E-01	6.05E-01
1029	6.51E-01	4.90E-01	6.07E-01
1030	6.50E-01	4.89E-01	6.08E-01
1031	6.49E-01	4.90E-01	6.08E-01
1032	6.50E-01	4.90E-01	6.08E-01
1033	6.49E-01	4.90E-01	6.07E-01
1034	6.49E-01	4.89E-01	6.07E-01
1035	6.49E-01	4.90E-01	6.07E-01
1036	6.48E-01	4.89E-01	6.08E-01
1037	6.49E-01	4.90E-01	6.07E-01
1038	6.48E-01	4.91E-01	6.07E-01

1039	6.49E-01	4.92E-01	6.08E-01
1040	6.50E-01	4.92E-01	6.10E-01
1041	6.50E-01	4.92E-01	6.10E-01
1042	6.51E-01	4.92E-01	6.10E-01
1043	6.49E-01	4.93E-01	6.09E-01
1044	6.49E-01	4.93E-01	6.11E-01
1045	6.48E-01	4.92E-01	6.11E-01
1046	6.48E-01	4.93E-01	6.11E-01
1047	6.47E-01	4.93E-01	6.11E-01
1048	6.48E-01	4.91E-01	6.10E-01
1049	6.48E-01	4.92E-01	6.12E-01
1050	6.49E-01	4.93E-01	6.13E-01
1051	6.50E-01	4.94E-01	6.14E-01
1052	6.49E-01	4.95E-01	6.13E-01
1053	6.49E-01	4.94E-01	6.13E-01
1054	6.47E-01	4.94E-01	6.14E-01
1055	6.47E-01	4.94E-01	6.12E-01
1056	6.46E-01	4.92E-01	6.12E-01
1057	6.45E-01	4.92E-01	6.11E-01
1058	6.43E-01	4.91E-01	6.09E-01
1059	6.42E-01	4.90E-01	6.11E-01
1060	6.41E-01	4.90E-01	6.10E-01
1061	6.41E-01	4.91E-01	6.11E-01
1062	6.41E-01	4.92E-01	6.11E-01
1063	6.42E-01	4.92E-01	6.12E-01
1064	6.41E-01	4.93E-01	6.10E-01
1065	6.38E-01	4.91E-01	6.09E-01
1066	6.34E-01	4.89E-01	6.06E-01
1067	6.30E-01	4.84E-01	6.01E-01
1068	6.23E-01	4.79E-01	5.95E-01
1069	6.18E-01	4.76E-01	5.91E-01
1070	6.15E-01	4.73E-01	5.87E-01
1071	6.10E-01	4.70E-01	5.84E-01
1072	6.09E-01	4.69E-01	5.81E-01
1073	6.09E-01	4.69E-01	5.80E-01
1074	6.08E-01	4.68E-01	5.79E-01
1075	6.07E-01	4.67E-01	5.79E-01
1076	6.06E-01	4.66E-01	5.78E-01
1077	6.04E-01	4.65E-01	5.77E-01
1078	6.01E-01	4.62E-01	5.74E-01
1079	5.98E-01	4.60E-01	5.72E-01
1080	5.94E-01	4.57E-01	5.68E-01
1081	5.89E-01	4.54E-01	5.64E-01
1082	5.84E-01	4.50E-01	5.60E-01
1083	5.80E-01	4.46E-01	5.54E-01
1084	5.74E-01	4.42E-01	5.49E-01
1085	5.69E-01	4.38E-01	5.44E-01
1086	5.64E-01	4.35E-01	5.39E-01
1087	5.61E-01	4.33E-01	5.37E-01
1088	5.58E-01	4.31E-01	5.33E-01
1089	5.55E-01	4.29E-01	5.32E-01
1090	5.53E-01	4.26E-01	5.29E-01
1091	5.49E-01	4.23E-01	5.26E-01
1092	5.43E-01	4.18E-01	5.19E-01
1093	5.34E-01	4.12E-01	5.12E-01
1094	5.24E-01	4.03E-01	5.02E-01
1095	5.12E-01	3.95E-01	4.90E-01
1096	5.01E-01	3.86E-01	4.79E-01
1097	4.89E-01	3.76E-01	4.67E-01
1098	4.77E-01	3.66E-01	4.55E-01
1099	4.64E-01	3.57E-01	4.42E-01
1100	4.54E-01	3.48E-01	4.32E-01