

319101-02

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농축산자재산업화기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003481-01

농업용 생분해성 멀칭필름 실증시험

농업용 생분해성 멀칭필름 실증시험

2020. 12. 31.

2021

주관연구기관 / 강원도농업기술원
협동연구기관 / 일신화학공업(주)

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농업용 생분해성 멀칭필름 실증실험”(개발기간 : 2019. 8. ~ 2020. 12.) 과제
의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 12. 31.

주관연구기관명 : 강원도농업기술원

최 종 태



협동연구기관명 : 일신화학공업주식회사

정 철 수



주관연구책임자 : 허 수 정

협동연구책임자 : 이 민 범

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	319101-02	해 당 단 계 연구 기 간	2019. 8. 30 ~ 2020. 12. 31.	단 계 구 분	2/2
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	농축산자재산업화기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	농업용 생분해성 멀칭필름 실증실험			
연구책임자	허수정	해당단계 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:265,000천원 민간: 72,000천원 계:337,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 13명 내부: 13명 외부: 명	총 연구개발비	정부:265,000천원 민간: 72,000천원 계:337,000천원
연구기관명 및 소속부서명	강원도농업기술원			참여기업명 일신화학공업(주)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
-------------------------	----

9대 성과 등록·기탁번호

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

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. 유통 생분해성 멀칭필름을 사용하여 9가지 주요 발작물에 사용하였을 때 성능발현 검증 2. 생분해성 멀칭필름이 경작 후 농경지 토양에 미치는 부정적 영향 분석 3. 생분해성 멀칭필름현장평가를 통한 농가 신뢰도 향상 4. 관행필름과 생분해성 멀칭필름의 품질특성 비교분석을 통한 생분해성 멀칭 필름 품질규격서 작성 	보고서 면수 131면
--	--------------------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>○ 연구목적 영농에 사용하는 기존의 멀칭필름을 대신할 수 있도록 개발된 시중 유통 농업용 생분해성 멀칭필름의 규격 성능 발현 현장시험과 품질특성 분석을 통한 품질규격 제안으로 농가 신뢰도를 제고하여, 환경오염을 줄이고 고령화 농촌의 노동력 절감 등 사회적 비용 절감을 위한 보급확대 정책자료를 제시한다</p> <p>○ 연구내용 1. 주요 발작물을 대상으로 유통 중인 멀칭필름의 성능 발현 실증실험 - 콩, 옥수수, 감자, 고구마, 마늘, 양파, 고추, 무, 배추 등 2. 제품에서 정한 기간에 따른 분해 여부, 분해 후 토양 잔류 확인 3. 관행 PE 멀칭필름과 생분해 멀칭필름의 물리적 품질특성 비교분석 4. 생분해 멀칭필름별 토양 중 생분해도 및 미생물 활성 평가</p>				
<p>연구개발성과</p>	<p>1. 주요 발작물 9종에 대한 유통 생분해멀칭필름의 성능발현 검증 2. 생분해성 멀칭필름이 경작 후 농경지 토양에 미치는 부정적 영향 분석 3. 생분해성 멀칭필름현장평가를 통한 농가 신뢰도 향상 4. 관행필름과 생분해성 멀칭필름의 품질특성 비교분석을 통한 생분해성 멀칭필름 품질규격서 작성</p>				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>○ 생분해 필름 품질규격 제안(품질 인증) ○ 친환경자재 보급사업 등 정책자료 활용(정책제안) ○ 생분해성 멀칭필름 성능 신뢰도 향상을 통한 농가보급 확대 ○ 농업용 멀칭폐비닐 발생 감축을 통한 수거·재생처리 비용 절감 및 환경보전 ○ 영농 후 멀칭필름 수거작업 생략에 따른 노동력 절감</p>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>친환경</p>	<p>농업</p>	<p>생분해</p>	<p>멀칭필름</p>	<p>노동력절감</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Eco-friendly</p>	<p>Agriculture</p>	<p>Biodegradable</p>	<p>Mulch-film</p>	<p>labor reduction</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	7
1-1. 연구개발 목적	7
1-2. 연구개발의 필요성	7
1-3. 연구개발 범위	10
2. 연구수행 내용 및 결과	13
1 장. 생분해성 멀칭필름의 현장적용 시험	13
1 절. 주요 발작물에 대한 생분해성 멀칭필름 적용 검정	13
2 절. 생분해성 멀칭필름 농가 만족도 조사	30
2 장. 생분해성 멀칭필름의 품질특성 분석 및 규격 제안	66
1 절. 생분해성 멀칭필름 물리적 품질특성 분석	66
2 절. 농업용 생분해성 멀칭필름 생분해도 평가	77
3 절. 생분해 간이 필드평가 및 분해도 평가	83
4 절. 농업용 생분해성 멀칭필름의 품질 규격서 작성	85
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	122
4. 연구결과의 활용 계획 등	122
붙임. 참고 문헌	124
[별첨 1] 연구개발보고서 초록	124
[별첨 2] 자체평가 의견서	125
[별첨 3] 연구성과 활용계획서	130

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

최근 미세플라스틱의 환경오염 문제로 인하여 사회 전 분야에 친환경 정책들이 강화되고 있으며 특히, 전 분야에 걸쳐 1회 용품 사용억제를 통한 생활폐기물의 발생 감축과 재활용에 대한 대책을 마련하고 있다. 농업분야의 대표적인 1회용 제품인 농업용 멀칭 필름(mulch film)은 연간 5.3만 ton 가량을 사용하고 있는 것으로 추정되며, 사용 후 수거와 재생에 대한 비용부담도 가중되고 있다. 멀칭필름은 토양의 온도 상승, 수분 보존, 잡초발생 억제 등으로 작물의 수량과 품질을 높여 농업생산성에 크게 기여하고 있으며 멀칭필름은 농업에서 사용되는 PE 필름의 약 40%를 차지하고 있으나 제대로 수거되지 않을 경우 토양 등 농업환경에 축적됨으로써 지속가능한 농업을 위협하는 존재가 되기도 한다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 방법으로 농업용 생분해필름이 개발되어 있으나, 일반 PE필름에 비해 가격이 3배 정도 비싸고 보관기간이 짧아 시중에서 쉽게 구하기 어려우며, 일부 지자체 지원사업 등으로 보급한 필름의 규격에 미치지 못해 잡초가 번성하는 등 성능에 대한 신뢰도가 낮아 보급이 저조한 형편으로 유통 생분해필름의 특성을 비교, 분석하고 작물별 현장 재배실증실험을 통해 품질규격 표준을 제안하고자 한다.

1-2. 연구개발의 필요성

가. 농업용 멀칭 폐기물의 토양오염

매년 사용되는 농업용 비닐은 98,500톤이며, 그 중 멀칭용 비닐은 52,900톤으로 비닐 사용량의 53%이상을 차지한다(표 1). 그러나 50% 이상 수거되는 다른 농업용 비닐과 달리 멀칭 비닐의 수거 및 재활용의 비율은 10% 이하이다. 또한 이 필름은 LDPE, HDPE 등 고분자 중합체로써 자연 상태에서 분해되기 까지는 수백 년이 소요되며 그 기간 동안 토양에 잔류하며 환경을 오염시킨다.

표 1. 영농폐비닐 발생량 증감 추이(한국환경공단 2011) (단위 : 톤(ton), %)

	2007	2008	2009	2010
발생계	341,038	326,509	310,009	324,101
증감발생량	△16,359	△14,529	△16,500	14,092
증감율	△4.8	△4.3	△5.1	4.0
하우스용 LDPE	39,191	40,140	54,689	69,074
증감발생량	△387	949	14,549	14,385
증감율	△1.0	2.4	36.2	21.0
멀칭용 LDPE	138,872	123,985	79,047	112,165
증감발생량	1,364	△14,887	△44,938	33,118
증감율	1.0	△10.7	△36.2	30.0
HDPE	144,532	141,615	120,712	65,516
증감발생량	△21,802	△2,917	△20,903	△55,196
증감율	△13.1	△2.0	△14.8	△84.0
기타(PVC, EVA)	18,443	20,769	55,562	77,346
증감발생량	4,466	2,326	34,793	21,784
증감율	31.9	12.6	167.5	28.0

※ 증감율은 전년 대비임

한국환경공단의 통계에 따르면 농업용 폐필름의 발생량 대비 수거량은 극히 저조하다. '07 ~ '10년도 농업용 폐비닐 회수율 평균 약 55%이며(표 2), 농업용 멀칭필름은 발생량 대비 수거율이 높은 것으로 보이나 폐비닐과 함께 수거되는 토양 및 수분의 무게가 추가 되어 있는 부분이라 실제 중량은 30% 정도이며 나머지 60% 이상은 토양 속에 묻혀있음을 알 수 있다(표 3).

표 2. 영농폐비닐 수거량 증감 추이(한국환경공단, 2011)

	2007	2008	2009	2010
수거계	175,173	182,618	310,009	324,101
증감수거량	△24,154	7,445	△16,500	14,092
증감율	△12.1	4.3	△5.1	4.0
하우스용 LDPE	-	22	-	-
증감수거량	-	22	-	-
증감율	-	-	-	-
멀칭용 LDPE	106,164	97,617	93,128	87,011
증감수거량	△26,691	△8,547	△4,489	△6,117
증감율	△20.0	△8.1	△4.6	△6.6
HDPE	69,009	83,980	94,932	87,829
증감수거량	2,537	17,971	10,952	△7,103
증감율	3.8	21.7	13.0	△7.5
기타(PVC, EVA)	-	999	1,229	2,009
증감수거량	-	999	230	780
증감율	-	-	23.0	63.5

※ 증감율은 전년 대비임

표 3. 플라스틱 멀칭사용과 관련된 경제적 효과 및 부정적 결과

경제적 효과	부정적 결과
① 토양환경 - 지온상승으로 인한 증수 - 수분 보존으로 수자원 절감 - 토양침식 방지	① 토양 중 방치로 인한 오염 - 영양분 공급 저해, 뿌리성장 저해 - 토양 통기성 악화 유기성분의 분해 억제 - 미생물의 활동 억제 - 토양 비옥도 저하
② 잡초 및 병해충 발생 억제 - 잡초발생 억제(제초제 사용량 절감) - 병해충 발생 감소(살균·충제 사용량 절감)	② 소각 시 발생하는 피해 - 소각 시 발생하는 이산화탄소 - 이산화질소, 일산화탄소 등에 의한 2차 가스피해
③ 농촌 소득증대	

또한 한국농촌경제연구원의 조사결과를 살펴보면 농촌지역에서 폐비닐 처리 현황은 매우 열악한 상태로 진행되고 있음을 알 수 있다. 멀칭필름의 경우 69.2%(36,600톤) 이상이 소각되고 있으며 수거 되는 비율은 24.6%에 불과하다. 또한 조사결과를 근거하여 소각된 멀칭필름이 배출하는 이산화탄소는 매년 102,480톤 이상이라고 추정된다.¹⁾

1) 폐플라스틱 1톤 소각하면 2.8톤의 이산화탄소가 배출됨. 환경부 녹색생활 지침 참조

소각 이외의 폐멀칭필름 처리 시 더 심각한 문제는 불법매립 또는 매몰(밭에 방치)시키는 형태의 처리인데 토양 속으로 묻혀버린 비닐은 오랫동안 썩지 않으며, 분해 될 때까지 다음과 같은 부정적인 영향을 준다.

첫째. 영양분의 공급, 뿌리 성장을 저해하며 작물생장이 어려워진다.

둘째. 통기성, 투수성을 악화시킴으로써 농지에 잔류되어 있는 유기농약 성분, 유기질 비료 성분의 생분해를 저해한다.

셋째. 토양 미생물의 발생 및 활동을 억제하여 토양 비옥도를 저하시킨다.

이와 같은 부정적인 영향 때문에 폐비닐의 임의 매립, 소각은 법으로 금지되어 있다.

나. 농민들의 부담금 증가

환경에 대한 규제가 강화되면서 최근에는 멀칭필름에 부과되는 ‘폐기물 부담금’이 급격히 높아짐으로 인해 농가의 구입가격상승은 물론 가공업체의 부담이 증대되고 있다.²⁾

표 4. 폐기물 부담금 증가추세

2007년	7,600원/톤
2008~2009년	30,000원/톤
2010~2011년	90,000원/톤
2012년 이후 (현재)	150,000원/톤

때문에 매년 농업용 멀칭필름의 구매 비용이 증가되고 있으며 2010년 HDPE 구매가격의 6.1%에 해당하는 금액을 농민에게 부담시키는 결과를 초래하였다(멀칭생산량 52,900톤/년 × 150,000원=7,935,000,000원의 폐기물 부담금). 이는 미국, 유럽에 이어서 중국과의 자유무역협정(FTA)체결을 진행하고 있는 현실에서 우리나라 농업의 국제경쟁력을 약화시키는 결과를 초래한다.

2007년에 개정된 ‘자원법 :자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률’을 보면 매출액 10억 이하의 소규모 업체에는 ‘폐기물 부담금’을 면제시켜 주는 예외규정을 시행하고 있다. 문제는 소폭 멀칭필름을 생산하는 소규모 업체들이 85~90%를 차지하기 때문에 실질적으로 멀칭용 비닐의 폐기물부담금에 대한 실효성이 없다고 볼 수 있다.

이외에도 농업용 멀칭필름은 사용 후 수거에도 많은 노동력이 투입된다. 특히, 재배 시 멀칭 필름을 사용해야 되는 노지 고구마, 감자, 양파의 경우 수확작업 전에 비닐을 걷어내야 수확작업이 가능한데, 고령화된 농촌의 일손 구하기는 매년 어려워지고 있어 생분해성 멀칭 비닐을 이용하면 작업능률의 향상을 가져 올 수 있다.

표 5. 폐 멀칭비닐 수거비용(광주매일신문 2010.8.26.)

- | |
|--|
| - 폐비닐 수거비용 : 160,000원 ~ 200,000원/톤 |
| - 뿌리채소(고구마, 감자) 재배에 필요한 멀칭 : 약 5,000톤 |
| - 폐비닐 수거량 300%(흙 및 이물 포함) : 15,000톤 |
| → 폐 멀칭비닐 수거비용 : 15,000톤 × 16만원 = 약 24억 |

2) 2007년 개정된 ‘자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률’의 개정으로 폐기물 부담금의 적용 비율이 폭발적으로 증대되었음

다. 저탄소 녹색성장 신기술의 보급 필요

농업용 멀칭필름은 농업 생산성 증대에 꼭 필요한 자재이면서도 토양 환경오염 유발물질이라는 오명 때문에 대체재가 필요하다. 특히, 저탄소 녹색성장의 시대에 소각 시 이산화탄소를 다량 배출하는 기존 합성수지 멀칭 필름(LDPE, LLDPE, HDPE)을 대체할 수 있는 생분해성 멀칭필름의 농가보급을 확대하여 탄소배출을 억제하고 토양오염을 방지하는 신기술의 보급이 시급하다.

이러한 문제점의 대안 찾기 노력 차원에서 그동안 자연에서 분해되는 폴리머를 소재로 농업에 사용되는 멀칭필름이 개발되어 상용화 하였으나, 생분해 멀칭필름의 사용 중 제 성능을 발휘하지 못해 농가에 피해를 주게 되는 등의 문제를 야기하여 제품에 대한 신뢰도가 떨어져 보급 확대에 어려움이 있다.

1-3. 연구개발 범위

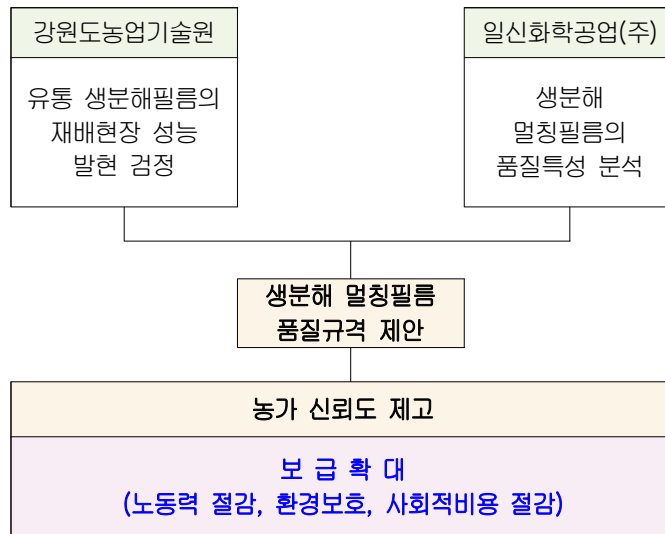


그림 1. 연구개발 추진전략

강원도농업기술원	일신화학공업(주)
농업용 생분해 멀칭필름의 현장적용 시험	생분해 멀칭필름의 품질특성 분석을 통한 품질규격 제안
담당기술개발내용	담당기술개발내용
1. 유통 생분해 멀칭필름의 작물 재배 시 성능발현 효과 검정 2. 작물 재배 중 생분해 멀칭 필름의 분해도 및 토양환경 조사	1. 관행 PE 멀칭필름과 생분해 멀칭 필름의 물리적 품질특성 비교 분석 2. 생분해 멀칭필름별 토양 중 생분해도 및 미생물 활성 평가

그림 2. 연구개발 추진 체계

가. 유통 생분해성 필름의 현장적용 시험

- 주요 발작물인 양파, 마늘, 콩, 옥수수, 고추, 배추, 무, 감자, 고구마 등 9개 작물에 대해 일반 PE필름과 시중에 유통 중인 생분해성 필름 4종을 피복하여 재배시험 수행
- 작물 생산량과 토양 온도, 수분, 화학성, 미생물밀도 변화 등 각 필름별 차이 분석
- 재배기간 중 기온, 습도, 광에 따른 필름별 분해도 조사
- 생분해 필름 사용농가 만족도 설문 조사

일련 번호	연구내용	월별 추진 일정															
		19. 9	10	11	12	20. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	현장실증 재배 및 재배환경조사																
2	토양분석 및 필름 분해도 조사																
3	사용농가 설문조사																

나. 생분해 멀칭필름의 품질특성 분석

- 일반 PE필름과 생분해 필름의 물리적 특성 비교분석
- 생분해 멀칭필름의 경우, 친환경마크 인증을 위하여 「농업용 폴리에틸렌필름 규격(KPS M 1001)」에 의거 품질기준을 적용하고 있음

※ KPS M 1001 품질규격
3. 재료 및 제조방법 필름은 폴리에틸렌⁽¹⁾을 주재료로 하여 박막상으로 성형가공하여 만든다.
 주(1) 저밀도 폴리에틸렌(밀도 0.925 g/cm³이하인 것), 선형 저밀도 폴리에틸렌(밀도 0.925 g/cm³이하인 것) 고밀도 폴리에틸렌(밀도 0.925 g/cm³이상인 것)을 말한다.

- KPS M 1001 기준은 멀칭필름 제조 PE수지 종류(밀도차)에 따라 LDPE, LLDPE, HDPE로 구분
- 생분해 필름 수지의 경우, PE와 밀도와 물리적 성질이 달라서 ‘친환경 인증’에 혼란이 야기됨

[저밀도 폴리에틸렌 필름 기계적 물성 규격]

호칭두께 mm	인장강도 kgf/cm ²	신장율 %	인열강도 kg/cm		겉모양 시 험
			보통	접은곳	
0.020	180이상	200이상	60이상	55이상	이상 위치가 10개 이내
0.025	200이상	250이상	65이상	60이상	
0.030	200이상	250이상	75이상	60이상	
0.040	200이상	300이상	75이상	60이상	
0.050	220이상	300이상	80이상	70이상	
0.060	220이상	350이상	80이상	70이상	
0.070	220이상	350이상	80이상	70이상	
0.080	220이상	400이상	80이상	70이상	
0.100	240이상	400이상	85이상	75이상	

- 생분해 멀칭필름 별 생분해도 및 미생물 활성 평가
 - 각각의 생분해 멀칭필름별 토양 중 생분해도 및 미생물 활성 평가

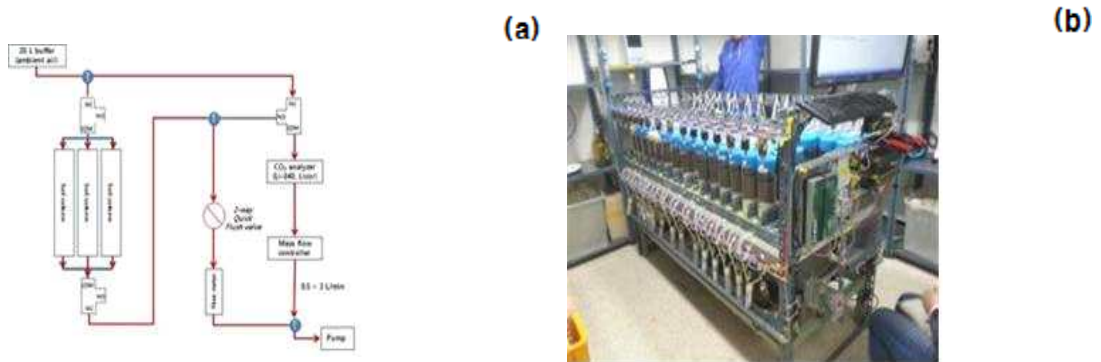


그림 3. 고속항온배양장치(EAR); (a) EAR 장치 모식도; (b) EAR 장치.

- 토양 내 pH, EC, 유기물, 질산태 질소, 암모니아태 질소, 유효인산, 토성 변화 분석
- 이산화탄소 포집 분석 및 토양 내 필름 잔존 분석
- 시중 유통 생분해성 멀칭필름의 품질평가를 통한 생분해성 필름의 품질규격 제안

일련 번호	연구내용	월별 추진 일정																
		19. 9	10	11	12	20. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	일반 PE 및 생분해성 필름 물리적 특성 분석																	
2	생분해필름 생분해도 및 미생물 활성평가																	
3	생분해필름 품질 기준서 작성 및 품질표준 제안																	

2. 연구수행 내용 및 결과

1 장. 생분해성 멀칭필름의 현장적용 시험

1 절. 주요 밭작물에 대한 생분해성 멀칭필름 적용 검토

농업용 생분해성 필름을 사용함에 있어 노동력 절감, 환경보전 등의 긍정적 요인에도 불구하고 높은 가격과 기존에 보급되었던 생분해성 필름의 성능발현에 대한 신뢰도 하락으로 일부 지자체가 보조금 지원형태로 사용하는 것 이외에는 농가에서 작물재배 시 사용하는 것은 미미하였다. 또한 옥수수 등의 작물에 한정되어 사용하였으며, 작물의 생리·생태, 재배 시기, 기간, 재배형태 등의 다양성으로 모든 작물에 일반화하여 적용하는 것은 무리가 있다. 이에 우리나라 주요 밭작물 양파, 마늘, 콩, 옥수수, 고추, 배추, 무, 감자, 고구마 등 9가지 작물을 대상으로 일반 PE멀칭필름과 시중 유통 생분해 멀칭필름 5종³⁾을 적용하여 재배하였다(표 6).

표 6. 주요 밭작물 재배시험 개요

작물명	재배기간	재배지역	생분해필름 제품 수
양파	'19. 10. ~ '20. 6.	원주	4
마늘	'19. 10. ~ '20. 6.	원주	4
감자	'20. 3. ~ 7.	춘천	4
옥수수	'20. 4. ~ 8.	춘천, 영월	4
배추	'20. 4. ~ 6.	춘천	5
무	'20. 4. ~ 7.	춘천	5
고추	'20. 5. ~ 10.	춘천	8
고구마	'20. 6. ~ 10.	원주	5
콩	'20. 6. ~ 10.	평창	5

양파, 마늘, 감자, 옥수수, 고구마, 콩은 현지 재배단지에서 수행하였고, 시험농가에서 직접 재배 관리하도록 하였다. 이는 생분해성 필름사용에 대한 객관적인 자료를 확보하고 농가의 직접적인 사용 소감을 얻고자 하는 목적이었으며, 작목별 현장평가회를 통해 생분해성 필름에 대한 신뢰도 제고와 확대보급을 위한 홍보의 기회로 삼고자 하였다. 배추, 무, 고추는 강원도농업기술원 시험연구포장에서 시험을 수행하였고, 재배방법은 재배농가 관행을 따랐다.

그동안 생분해성 멀칭필름 품질에 대한 신뢰도가 떨어져 있었던 만큼 재배기간 중 필름의 성능발현(작업 시 찢어짐, 분해정도)과 작물 재배 전·후의 토양에 미치는 영향, 수확량 등을 조사 분석하였다.

토양 시료 채취와 분석은 “토양화학 분석법” (2010, 농촌진흥청)에 따라 분석하였고, 수확량 조사는 “농업과학기술 연구조사분석기준” (2012, 농촌진흥청)에 준하였다.

3) Bio 1(E社), Bio 2(SB社), Bio 3(S社), Bio 4(I社), Bio 5(A社) 제품

1. 양파 재배 실증시험

멀칭필름은 표 7에 표시된 것과 같은 규격의 시중 유통 생분해성 필름 4종과 농가에서 관행으로 사용하는 PE필름을 사용하였고, 실증농가에서 재배한 품종은 ‘티아라’이며 피복시기 등 주요 작업일정은 표 8과 같다. 필름의 두께는 각 제조회사에 재배기간을 알려준 후 자사 제품규격 중 양파재배에 알맞은 추천 규격을 제공 받았으며, 재배농가에서는 작업 편이성과 노동력 절감을 위해 유공필름을 사용하지만 생분해성 유공필름 공급할 수 있는 회사는 제한적이었다. 또한 시중에 가장 많이 지원된 Bio1(E社) 제품은 두께 0.012mm제품만을 생산하고 있었다.

표 7. 사용 멀칭필름 규격

구분	필름 규격	비 고
Bio 1	0.012mm, 180cm × 500m	흑색, 유공
Bio 2	0.014mm, 160cm × 500m	흑색, 무공
Bio 3	0.018mm, 160cm × 500m	흑색, 유공
Bio 4	0.018mm, 160cm × 500m	흑색, 유공
PE 필름(LLD)	0.015mm, 160cm × 500m	흑색, 유공

표 8. 재배시험 주요작업 시기

구 분	품 종	피복일	정식일	수확일
농가 1	티아라	2019. 10. 17.	2019. 10. 25.	2020. 6. 8.
농가 2	티아라	2019. 10. 18.	2019. 10. 27.	2020. 6. 9.

농작업의 기계화로 트랙터 등에 부착한 피복기를 사용하여 필름을 피복하는데 기존 생분해 필름의 경우 찢어짐이 있어 농가에서 생분해필름 사용을 꺼려왔으나 이번 시험에 사용한 필름들은 기계멀칭 작업이 가능하였다(그림 4). 또한 재배 기간 중에는 피복상태를 유지하였으나 물성이 많이 약해지고 분해되어 수확 후 필름 수거작업 없이 경운시 트랙터에 필름이 감기는 등의 문제점이 없어 농가 만족도가 높았다.



[기계멀칭]



[수확후 생분해 필름]



[수확후 일반 필름]

그림 4. 양파 재배 시 필름피복 및 수확 후 필름 상태

재배 후 필름 별 양파의 수확량은 약간의 차이를 나타냈으나 일반 필름과 비슷하거나 5~10% 정도 증가하였고(그림 5), 생분해성 멀칭필름의 구입가격은 일반 PE필름과 비교하여 3배 정도 높았으나 수확 후 필름제거 작업 생략으로 인건비가 절약되어 전체적인 농가경영비는 개선되는 효과가 있었다(표 9).

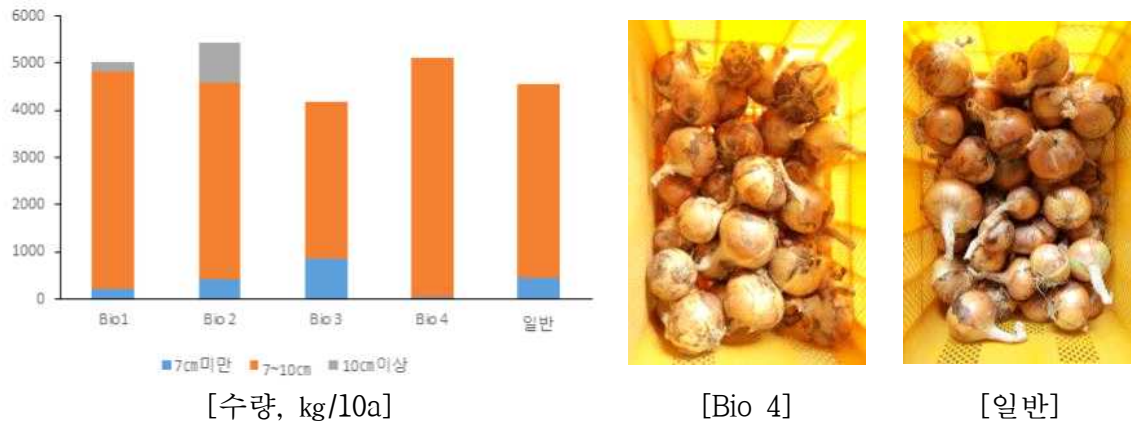


그림 5. 피복 필름별 양과 수확량

표 9. 양파 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(LLD)	생분해성
필름규격	0.015mm×160cm×625m	0.018mm×160cm×625m
구입비(원)	43,000	140,660*
필름 제거 인건비(원)	100,000	-
합 계	143,000	140,660

* 생분해성 필름 3개사(Bio 2 ~4) 제품 가격 평균

생분해성 멀칭필름사용 후 농경지 토양에 미치는 영향을 알아보기 위해 재배 전과 재배 후의 토양화학성과 유해 중금속, 미생물상을 조사한 결과 필름 종류별 유의적인 차이는 나타나지 않았다(표 10, 11, 12).

표 10. 양파재배 전·후 토양화학성

농가	시기	처리	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
			(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol(+)/kg)			(mg/kg)
1	전	-	7.7	1.1	41	10.4	1.44	3.76	1,169
		Bio 1	7.1	1.6	69	11.2	0.97	2.85	992
	후	Bio 2	6.9	0.9	46	8.1	0.58	2.19	615
		Bio 3	7.5	1.3	68	10.7	0.85	2.78	1,024
		Bio 4	7.1	2.5	88	11.9	1.43	3.61	1,237
		일반	6.9	2.7	65	9.6	1.08	2.90	1,036
2	전	-	6.5	0.4	30	6.0	0.83	2.35	705
		Bio 1	6.4	1.7	39	7.8	1.18	2.58	923
	후	Bio 2	5.3	1.8	26	6.4	0.54	1.77	834
		Bio 3	5.5	1.2	28	6.7	0.53	1.84	788
		Bio 4	5.2	2.7	28	6.3	0.69	1.80	767
		일반	6.7	1.0	38	7.7	0.82	2.52	800

표 11. 양파재배 전·후 토양 중금속

농가	시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
			(mg/kg)							
1	전	-	ND	11.58	2.95	8.97	96.39	ND	0.02	8.13
		Bio 1	ND	16.55	3.62	9.38	113.42	ND	0.04	9.33
	후	Bio 2	ND	10.23	3.67	10.32	89.87	ND	0.03	9.60
		Bio 3	ND	10.87	2.68	9.23	93.97	ND	0.03	7.43
		Bio 4	ND	14.65	3.17	9.77	96.51	ND	0.04	7.48
		일반	ND	11.41	3.35	9.48	100.68	ND	0.04	9.32
2	전	-	ND	22.07	5.06	9.64	83.24	ND	0.01	13.31
		Bio 1	ND	26.31	4.75	10.48	92.31	ND	0.02	12.98
	후	Bio 2	ND	22.16	4.43	10.83	89.64	ND	0.01	12.63
		Bio 3	ND	24.90	4.36	11.27	86.66	ND	0.02	12.35
		Bio 4	ND	25.24	4.64	10.36	88.16	ND	0.01	12.88
		일반	ND	26.77	5.54	8.96	97.46	ND	0.02	15.77
우려기준			≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-

표 12. 양파재배 전·후 토양 내 미생물

농가	시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase (μgTPF/g·24h)
1	전	-	6.4×10^7	6.6×10^7	3.3×10^5	-	-
		Bio 1	7.0×10^7	6.7×10^7	5.8×10^4	305.70	212.81
	후	Bio 2	6.4×10^7	5.8×10^7	8.0×10^4	112.78	92.52
		Bio 3	5.5×10^7	6.2×10^7	4.3×10^4	333.21	333.48
		Bio 4	5.7×10^7	7.7×10^7	4.5×10^4	406.36	265.28
		일반	6.6×10^7	8.4×10^7	6.0×10^4	256.32	183.11
2	전	-	5.5×10^7	6.2×10^7	3.5×10^5	-	-
		Bio 1	5.0×10^7	6.9×10^7	6.8×10^4	168.16	79.19
	후	Bio 2	5.6×10^7	4.6×10^7	9.0×10^4	124.90	65.43
		Bio 3	1.5×10^7	6.1×10^7	8.6×10^4	111.97	50.38
		Bio 4	8.3×10^7	7.2×10^7	7.2×10^4	129.78	27.50
		일반	4.8×10^7	5.7×10^7	6.9×10^4	193.07	86.27

양파 재배기간 중 기상환경(온도, 습도, 태양방사량, 이슬점)은 그림 6과 같으며, 제품 별 토양내 온도 변화를 조사한 결과 동절기에는 필름 간 큰 차이가 없었고, 이는 재배지역이 중북부로 보온터널을 만들어 준 효과로 생각되며, 3월 이후 일반필름에 비해 생분해성 필름피복 처리에서 온도변화가 크게 나타났다(그림 7). 토양 내 수분함량은 일반 필름에 비해 생분해성 멀칭필름이 높은 수준에서 유지되었다(그림 8).

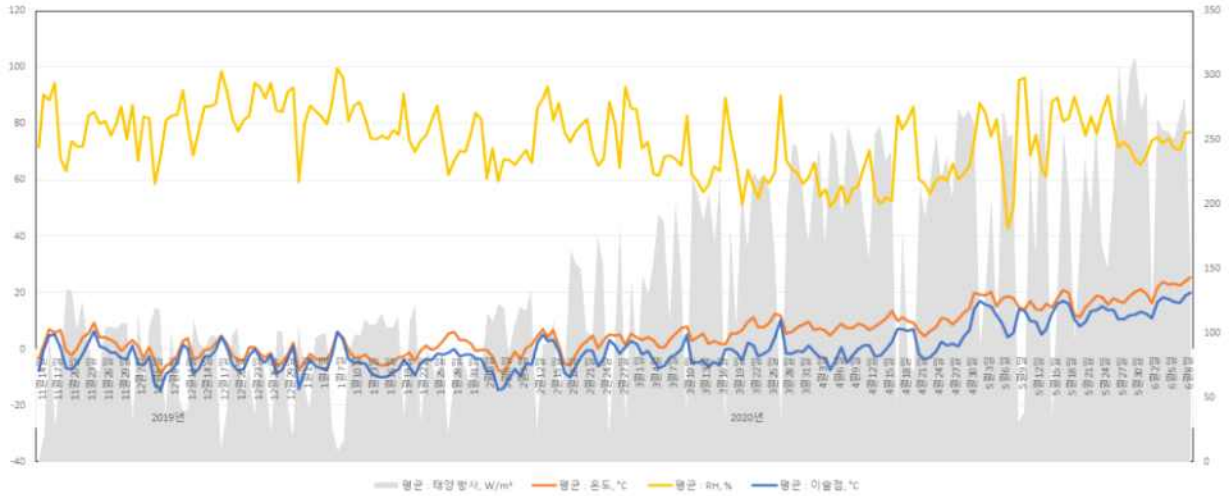


그림 6. 양과 재배기간 중 기상환경 변화

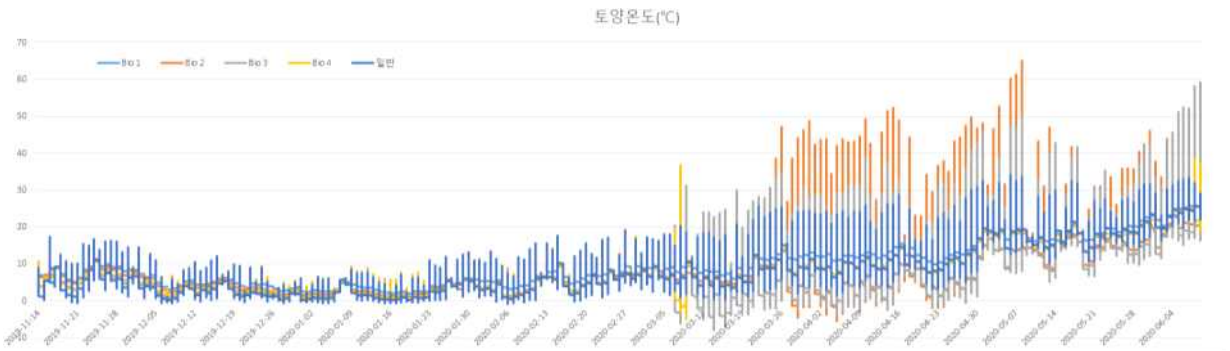


그림 7. 양과 재배기간 중 토양 내 온도 변화



그림 8. 양과 재배기간 중 토양 내 수분 변화

멀칭필름 피복 후부터 각 필름의 분해양상은 육안으로 확인하였을 때 조기분해와 같은 양상은 나타나지 않았으며 수확 시까지 형태를 유지하고 있어서 일반 필름과 다르없이 잡초발생으로 인한 제초작업은 할 필요가 없었다(그림 9). 본 시험포장은 친환경 단지 내에 위치하고 있어서 제초제 사용이 매우 제한적일 수밖에 없는 상황으로 시험전 농가에서는 조기 분해에 대한 염려가 있었으나 모두 만족할 만한 성능을 발휘하였다.



그림 9. 양파 재배경과에 따른 필름 분해양상

2. 마늘 재배 실증시험

멀칭필름은 표 13에 표시된 것과 같은 규격의 시중 유통 생분해성 필름 4종과 농가에서 관행으로 사용하는 PE필름을 사용하였고, 실증농가에서 재배한 품종은 ‘대서’이며 피복시기 등 주요 작업일정은 표 14와 같다. 필름의 두께는 각 제조회사에 재배기간을 알려준 후 자사 제품규격 중 마늘재배에 알맞은 추천 규격을 제공 받았다.

표 13. 마늘 재배 사용 멀칭필름 규격

구분	필름 규격	비 고
Bio 1	0.012mm, 180cm × 500m	흑색, 유공
Bio 2	0.014mm, 150cm × 500m	흑색, 무공
Bio 3	0.018mm, 150cm × 500m	흑색, 유공
Bio 4	0.018mm, 150cm × 500m	흑색, 유공
PE 필름(LD)	0.02mm, 150cm × 500m	흑색, 유공

표 14. 재배시험 주요작업 시기

구 분	품 종	피복일	파종일	수확일
농가 1(문막)	대서	2019. 10. 30.	2019. 11. 01.	2020. 7. 03.
농가 2(부론)	대서	2019. 11. 01.	2019. 11. 02.	2020. 6. 18.



그림 10. 마늘 재배 시기별 상황

양과와 마찬가지로 기계멀칭 작업이 가능하였으며, 논재배 마늘이어서 재배기간 중에는 피복상태를 유지하였으나 물성이 많이 약해져 수확 전 재배후기에 전년도 벼 수확 시 떨어져 있던 벼와 피 등의 종자가 발아하면서 생분해성 필름을 뚫고 올라오는 경향을 보였다. 그러나 수확 시점이어서 큰 문제로 대두되지는 않았다.

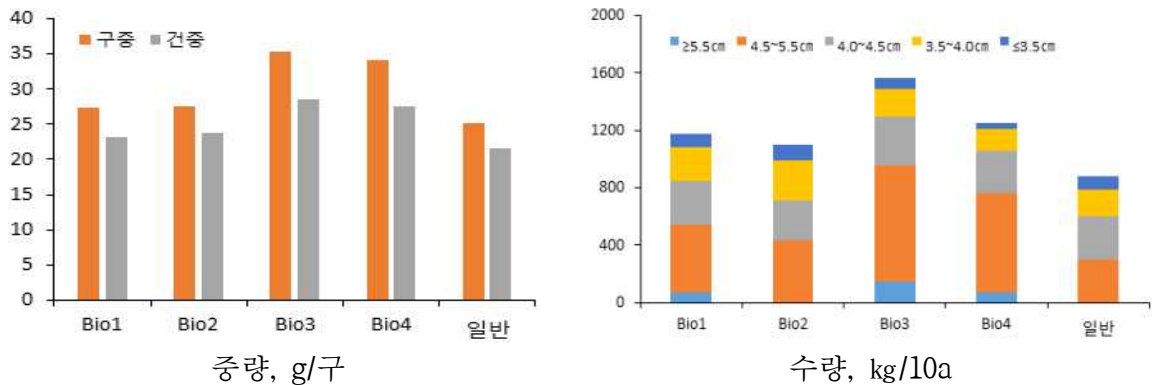


그림 11. 필름종류에 따른 마늘 수량

생분해필름을 사용했을 때 마늘 수확량은 일반 PE필름에 비해 20%이상 증가하였으며, 지름 4.5cm이상의 상품이 차지하는 비율도 일반필름 33.6%에 비교하여 39.4~61%로 높게 나타났다(그림 11). 수확량 증가에 따른 농가소득 향상과 별개로 생분해성 멀칭필름의 구입가격은 일반 PE필름과 비교하여 3배 정도 높았으나 수확 후 필름제거 작업 생략으로 인건비가 절약되어 전체적인 농가경영비는 개선되는 효과가 있었다(표 15).

표 15. 마늘 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(LLD)	생분해성
필름규격	0.20mm×150cm×625m	0.018mm×150cm×625m
구입비(원)	50,000	140,660*
필름 제거 인건비(원)	100,000	-
합 계	150,000	140,660

* 생분해성 필름 3개사(Bio 2 ~4) 제품 가격 평균

재배 후의 토양화학성의 차이를 보면 일반 PE필름과 생분해성 멀칭필름 모두 유의적인 차이가 없었으며(표 16), 토양 내 유해물질인 중금속의 함량도 재배전과 후에 차이를 나타내지 않아 필름사용이 토양에 해로운 영향을 미치는 않는 것으로 판단된다(표 17). 미생물상의 차이는 재배 전보다 재배 후 사상균류의 밀도가 낮아지는 경향을 보였으나 필름간의 차이는 없었다(표. 17).

표 16. 마늘재배 전·후 토양화학성

농가	시기	처리	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
			(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol(+)/kg)			(mg/kg)
1	전	-	5.9	0.3	23	3.2	0.48	0.58	231
		Bio 1	4.8	2.5	25	4.6	0.74	0.81	258
		Bio 2	4.7	2.1	27	4.4	0.64	0.81	218
	후	Bio 3	4.9	1.2	27	3.7	0.58	0.60	230
		Bio 4	4.8	1.7	26	3.8	0.56	0.69	222
		일반	4.7	1.9	26	3.8	0.55	0.65	234
2	전	-	6.0	2.8	27	5.5	0.91	1.05	429
		Bio 1	6.2	0.7	26	4.3	0.70	0.76	359
		Bio 2	5.7	0.7	29	3.6	1.12	0.98	321
	후	Bio 3	5.2	2.0	27	4.5	1.02	0.81	262
		Bio 4	5.1	1.6	26	3.6	1.14	0.73	260
		일반	5.8	0.9	27	4.3	0.88	1.01	314

표 17. 마늘재배 전·후 토양 중금속

농가	시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
			(mg/kg)							
1	전	-	ND	12.66	15.59	7.91	58.25	2.83	0.01	31.71
		Bio 1	ND	15.04	18.44	8.81	62.06	3.75	0.02	37.74
		Bio 2	ND	14.42	19.37	9.39	65.12	3.97	0.02	38.02
	후	Bio 3	ND	12.75	15.73	7.88	58.39	3.13	0.01	31.21
		Bio 4	ND	13.76	17.36	8.97	61.46	3.64	0.01	34.62
		일반	ND	13.02	15.84	9.34	59.48	4.19	0.01	31.89
2	전	-	ND	9.62	7.33	8.97	66.90	3.57	0.01	12.65
		Bio 1	ND	9.21	6.73	7.80	64.22	3.66	0.01	10.78
		Bio 2	ND	9.29	6.83	7.21	60.47	ND	0.02	11.61
	후	Bio 3	ND	10.36	7.53	8.76	65.08	3.43	0.01	12.38
		Bio 4	ND	9.88	7.34	8.20	63.36	ND	0.02	12.23
		일반	ND	10.25	7.59	8.59	68.86	3.29	0.01	12.55
우려기준			≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-

표 18. 마늘재배 전·후 토양 내 미생물

농가	시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase ($\mu\text{gTPPF/g}\cdot\text{24h}$)
1	전	-	6.4×10^7	6.6×10^7	3.3×10^5	-	-
		Bio 1	7.0×10^7	6.7×10^7	5.8×10^4	305.70	212.81
	후	Bio 2	6.4×10^7	5.8×10^7	8.0×10^4	112.78	92.52
		Bio 3	5.5×10^7	6.2×10^7	4.3×10^4	333.21	333.48
		Bio 4	5.7×10^7	7.7×10^7	4.5×10^4	406.36	265.28
		일반	6.6×10^7	8.4×10^7	6.0×10^4	256.32	183.11
2	전	-	5.5×10^7	6.2×10^7	3.5×10^5	-	-
		Bio 1	5.0×10^7	6.9×10^7	6.8×10^4	168.16	79.19
	후	Bio 2	5.6×10^7	4.6×10^7	9.0×10^4	124.90	65.43
		Bio 3	1.5×10^7	6.1×10^7	8.6×10^4	111.97	50.38
		Bio 4	8.3×10^7	7.2×10^7	7.2×10^4	129.78	27.50
		일반	4.8×10^7	5.7×10^7	6.9×10^4	193.07	86.27

마늘 재배기간 중 기상환경(온도, 습도, 태양방사량, 이슬점)은 그림 12와 같으며, 제품 별 토양내 온도 변화를 조사한 결과 동절기에는 생분해 필름 피복한 경우 토양내 온도가 높았으나 5월 중순 이후에는 일반필름 처리에서 높게 유지 되었다(그림 13). 토양 내 수분함량은 일반 필름에 비해 생분해성 멀칭필름이 비슷한 수준에서 유지되었다(그림 14).

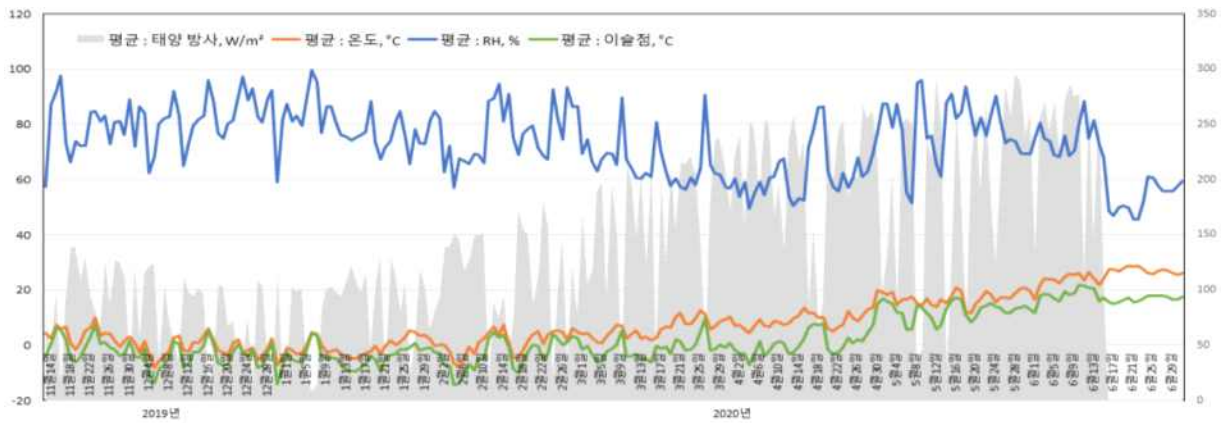


그림 12. 마늘 재배기간 중 기상환경 변화



그림 13. 마늘 재배기간 중 토양 내 토양 변화



그림 14. 마늘 재배기간 중 토양 내 수분 변화

재배 기간 중 멀칭필름의 분해도는 육안 관찰 시 Bio 2, Bio3, Bio 4형태는 갖추고 있었으나 물성이 약해진 상태로 보여졌고 일반 필름과 Bio 1은 분해가 진행되지 않은 것으로 보여졌다(그림 15).

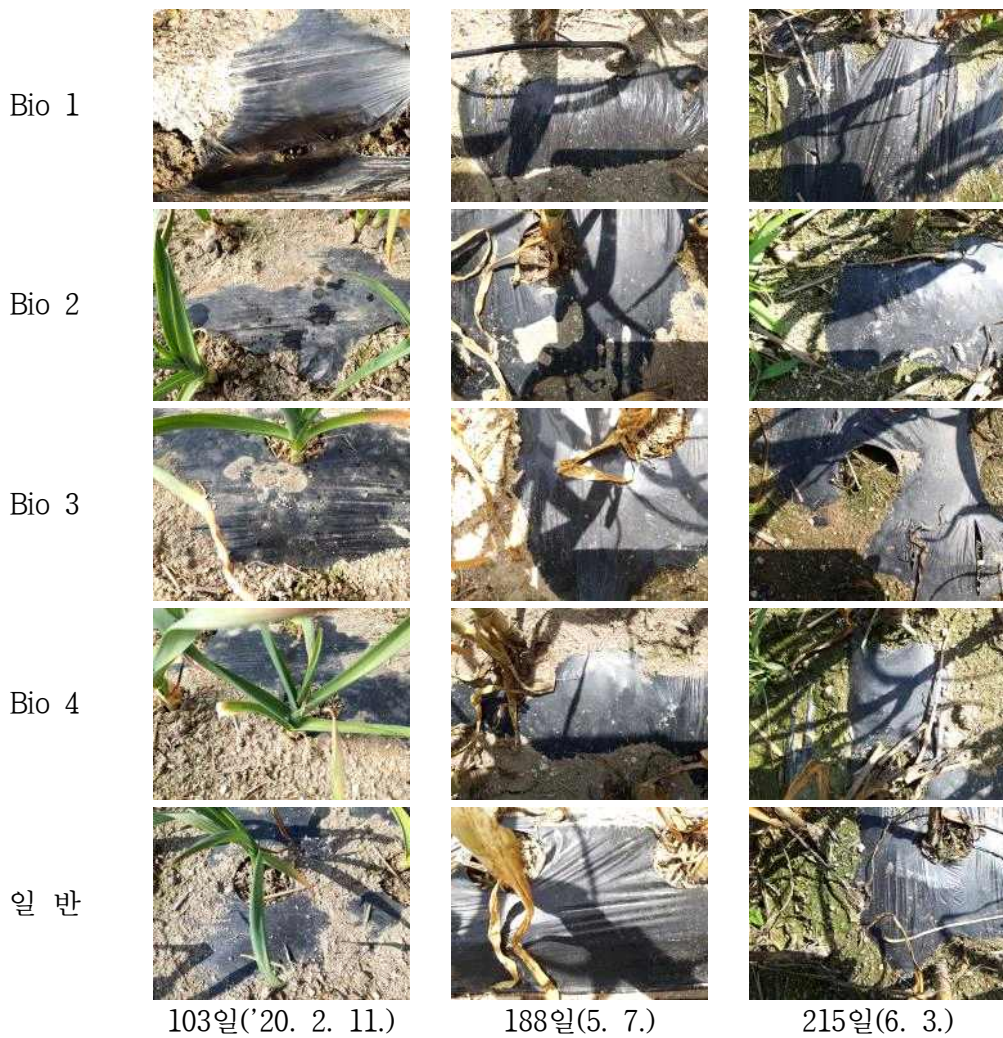


그림 15. 마늘 재배경과에 따른 필름 분해양상

3. 감자재배 실증 시험

멀칭필름은 표 19에 표시된 것과 같은 규격의 생분해성 필름 4종과 농가에서 관행으로 사용하는 PE필름을 사용하였고, 실증농가에서 재배한 품종은 '설봉' 이며 피복시기

등 주요 작업일정은 표 20과 같다. 생분해성 필름의 두께는 0.015mm로 동일한 규격을 사용하였고 PE필름은 실증재배 농가에서 사용하는 0.013mm규격을 사용하였다. Bio 1제품은 0.012mm 단일 규격만을 생산하는 업체로 다른 생분해 필름과 규격이 상이하였다. 재배농가에서는 작업 편이성과 노동력 절감을 위해 유공필름을 사용하지만 생분해성 유공필름 공급할 수 있는 회사는 제한적이었다.

표 19. 감자재배 사용 멀칭필름 규격

구분	필름 규격	비 고
Bio 1	0.012mm, 120cm × 500m	흑색, 유공
Bio 2	0.015mm, 120cm × 500m	흑색, 무공
Bio 3	0.015mm, 120cm × 500m	흑색, 유공
Bio 4	0.015mm, 120cm × 500m	흑색, 유공
PE 필름(LD)	0.013mm, 120cm × 500m	흑색, 유공

표 20. 재배시험 주요작업 시기

품 종	피복일	파종일	수확일
설봉	2020. 3. 20.	2020. 3. 23.	2020. 7. 17.



[피복]

[생육기]

[기계수확]

그림 16. 감자 재배 생육 시기별 상황

춘천시 서면 감자 재배단지에서 수행한 시험으로 일반 재배형식인 피복기를 사용한 기계멀칭 작업이 생분해 필름에 적용이 가능하였으며, 수확 시 필름제거 작업 없이 트랙터를 이용하여 수확 할 때 감김 없이 수월하게 작업할 수 있었다(그림 16).

감자 수확량은 Bio 1제품을 제외한 생분해필름을 사용 시험구에서 많게는 50%까지 감소하는 경향을 나타냈다(그림 17).

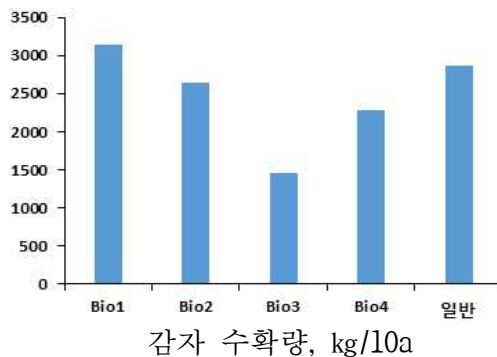


그림 17. 멀칭필름 별 감자 수량

일반적으로 춘천지역은 ‘수미’ 품종을 오랫동안 재배하여 6월 하순경에 수확하였으나 최근 여러 가지 문제점으로 수확량이 많은 만생종 품종인 ‘설봉’, ‘오륜’ 등의 품종을 재배하고 있어 7월 중순에 수확이 이루어지고 있다. 특히, 수확기가 장마와 시기를 같이 하면서 생분해필름을 사용하였을 때 토양내로의 수분 침투로 감자의 부패율을 증가시키는 경향을 나타내 수확량이 감소하고 특히 Bio 3은 분해가 빠르게 진행되는 경향을 보여 강우 시 토양 내의 수분침투량이 증가한 것으로 보여진다. 이번 시험의 결과로 감자재배 시 생분해성 멀칭필름 적용이 불리한 것으로 단정 짓기는 어려우며, 가을재배 등 다른 작형과 재배지역에 따라 다른 결과가 도출될 수 있을 것으로 판단된다.

그림 18.는 2020년 감자 재배기간 중 춘천지역의 기상환경 자료로 감자의 수확기인 7월에 강수량이 많음을 보여주고 있다. 필름종류에 따른 토양 내 온도의 차이는 보이지 않았으나(그림 19) 토양수분 변화는 Bio 3과 Bio 4제품의 수분보유력이 낮은 경향이였다 (그림 20).



그림 18. 감자 재배기간 중 춘천지역 기상환경

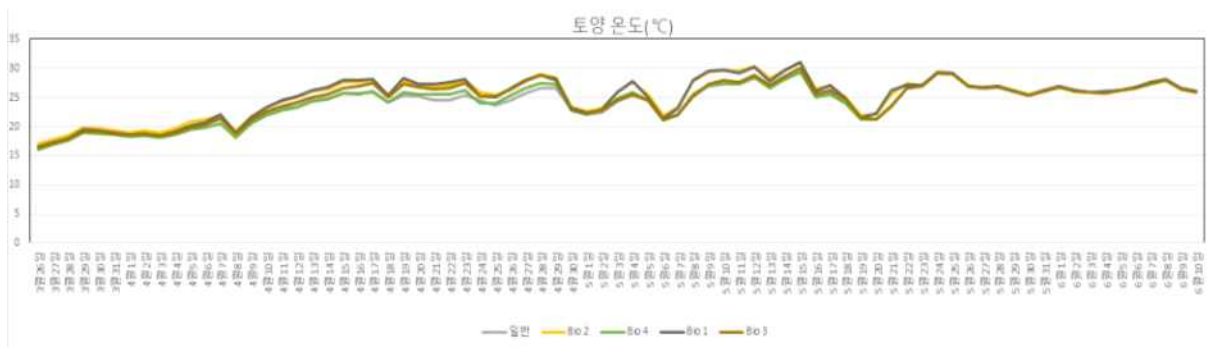


그림 19. 감자 재배기간 중 필름 별 토양온도



그림 20. 감자 재배기간 중 필름 별 토양수분

생분해성 필름을 사용하였을 때의 농가 경영비는 필름 가격이 3.5배 정도 높았고 필름 제거 인건비는 없었으나 수거노력이 많이 들지 않아 전체적으로 1.8배 높은 것으로 나타났다(표 21).

표 21. 감자 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(LD)	생분해성
필름규격	0.13mm×120cm×840m	0.015mm×120cm×840m
구입비(원)	35,000	128,000*
필름 제거 인건비(원)	35,000	-
합 계	70,000	128,000

* 생분해성 필름 3개사(Bio 2 ~4) 제품 가격 평균

재배 후의 토양화학성과 미생물상의 차이를 보면 일반 PE필름과 생분해성 멀칭필름 모두 유의적인 차이가 없었으며(표 22, 24), 토양 내 유해물질인 중금속의 함량도 재배전과 후에 차이를 나타내지 않아 필름사용이 토양에 해로운 영향을 미치는 않는 것으로 판단된다(표 23).

표 22. 감자재배 전·후 토양화학성

시기	처리	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Ca	K (cmol(+)/kg)	Mg	P ₂ O ₅ (mg/kg)
전	-	6.1	0.7	12	3.1	0.88	0.53	1,078
	Bio 1	5.5	3.3	13	3.6	1.16	0.93	1,478
	Bio 2	5.8	1.6	12	2.1	0.94	0.54	1,352
후	Bio 3	5.5	1.9	15	2.6	1.12	0.79	1,423
	Bio 4	5.6	2.2	15	3.2	1.17	0.75	1,446
	일반	5.4	3.4	16	4.3	1.47	1.23	1,289

표 23. 감자재배 전·후 토양 중금속

시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
(mg/kg)									
전	-	ND	21.14	9.76	8.56	104.12	ND	0.01	18.01
	Bio 1	ND	25.91	12.70	9.30	98.04	ND	0.01	26.39
	Bio 2	ND	19.93	9.15	8.02	100.43	ND	0.01	23.71
후	Bio 3	ND	21.80	10.43	8.98	93.24	ND	0.01	16.87
	Bio 4	ND	24.82	14.27	9.36	104.28	ND	0.01	20.08
	일반	ND	27.00	14.90	10.20	107.82	ND	0.01	25.98
우려기준		≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-

표 24. 감자재배 전·후 토양 내 미생물

시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase (μ gTPF/g·24h)
전	-	1.5×10^7	2.1×10^7	1.6×10^5	115.03	54.52
	Bio 1	9.9×10^6	1.3×10^7	5.0×10^5	88.21	6.52
	Bio 2	1.9×10^7	1.9×10^7	5.6×10^5	121.86	9.44
후	Bio 3	1.0×10^7	1.4×10^7	5.1×10^5	92.65	5.86
	Bio 4	9.9×10^6	8.5×10^6	8.5×10^4	94.85	5.15
	일반	8.9×10^6	1.4×10^7	5.1×10^5	81.98	6.32

재배 기간 중 멀칭필름의 분해도는 육안 관찰 시 생분해 필름 모두에서 형태는 갖추 고 있었으나 분해가 진행되고 있었고, 일반 필름은 분해가 진행되지 않은 것으로 보였다 (그림 21).

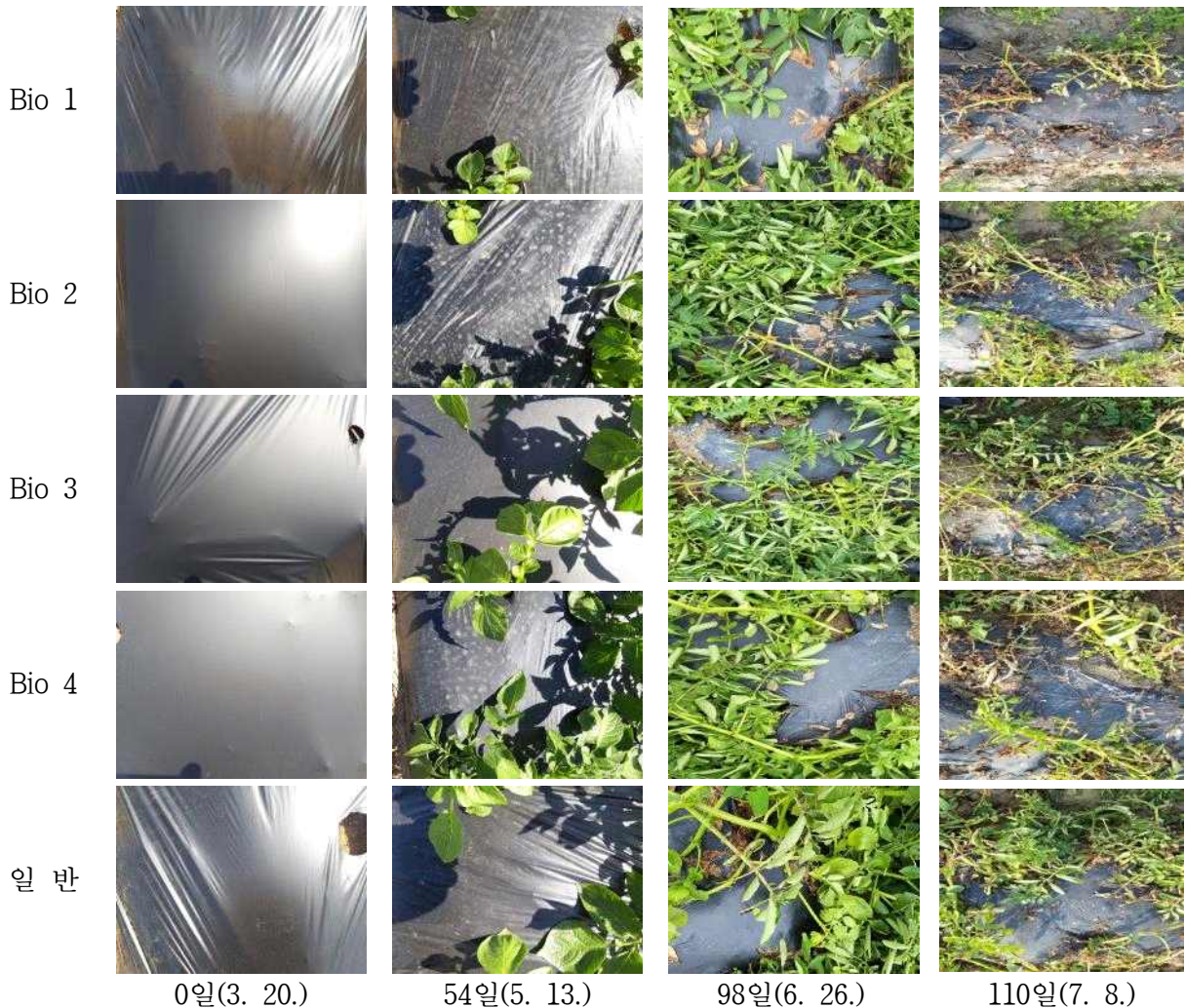


그림 21. 감자 재배경과에 따른 필름 분해양상

4. 배추재배 실증 시험

표 25에 표시된 것과 같은 규격의 시중 유통 생분해성 필름 5종과 농가에서 관행으로 사용하는 PE필름을 사용하였고, ‘산골봄’ 품종을 공시하였다. 피복시기 등 주요 작업일 정은 표 26와 같다.

표 25. 사용 멀칭필름 규격

구분	필름 규격	비 고
Bio 1	0.012mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 2	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 3	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 4	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 5	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
PE 필름(HD)	0.015mm, 100cm × 500m	흑색

표 26. 재배시험 주요작업 시기

품 종	피복일	정식일	수확일
산골봄	2020. 4. 23.	2020. 4. 24.	2020. 6. 27.



[피복]



[정식기]



[수확 후]

그림 22. 배추 재배 생육 시기별 상황

배추 재배 시 멀칭필름 종류에 따른 유의적인 수량차이는 없었으며(표 27), 생분해 필름 사용 시 구입가격은 일반 PE필름 보다 2.5배 가량 비쌌으나 필름제거 인건비 절감으로 평균적으로 1.5배의 경영비가 증가하였다(표 28).

표 27. 멀칭필름 별 배추 수량

구 분	주중(kg)	구중(kg)	구폭(cm)	구고(cm)	엽수
Bio 1	2.0	1.1	13.5	25.8	56.0
Bio 2	1.8	0.9	13.0	25.1	51.2
Bio 3	2.5	1.5	15.2	27.8	61.6
Bio 4	2.2	1.3	14.4	27.4	58.3
Bio 5	2.4	1.4	14.6	27.7	57.1
일반	2.0	1.8	14.3	26.5	57.5

표 28. 배추 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(HD)	생분해성
필름규격	0.15mm×100cm×1,000m	0.015mm×100cm×1,000m
구입비(원)	50,000	130,000*
필름 제거 인건비(원)	30,000	-
합 계	80,000	130,000

* 생분해성 필름 3개사(Bio 2 ~4) 제품 가격 평균

배추 재배기간 중 시험포장의 환경은 그림 23과 같으며, 60~70일 정도로 재배기간이 짧아 재배 중 육안관찰 시 생분해 필름의 분해는 진행되지 않으나 수확 작업 등 물리적 작업 시 생분해필름의 훼손이 많은 것으로 보아 물성이 약해졌음을 알 수 있었다(그림 24). 재배 전후의 토양 내 화학성과 중금속, 미생물체 분포 등의 양상을 비교한 결과를 보면 중금속과 미생물 분포는 멀칭필름 간의 차이를 보이지 않았으나(표 30, 31), 토양화학성의 경우 필름 간 전기전도도(EC)와 유기물 함량에 차이가 있었다(표 29).

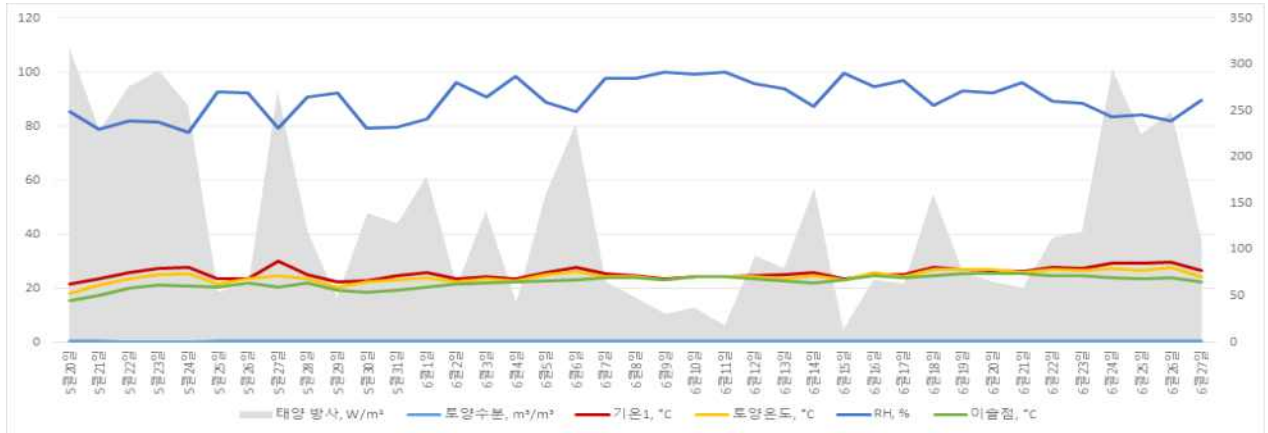


그림 23. 배추 재배기간 중 시험포장 재배환경

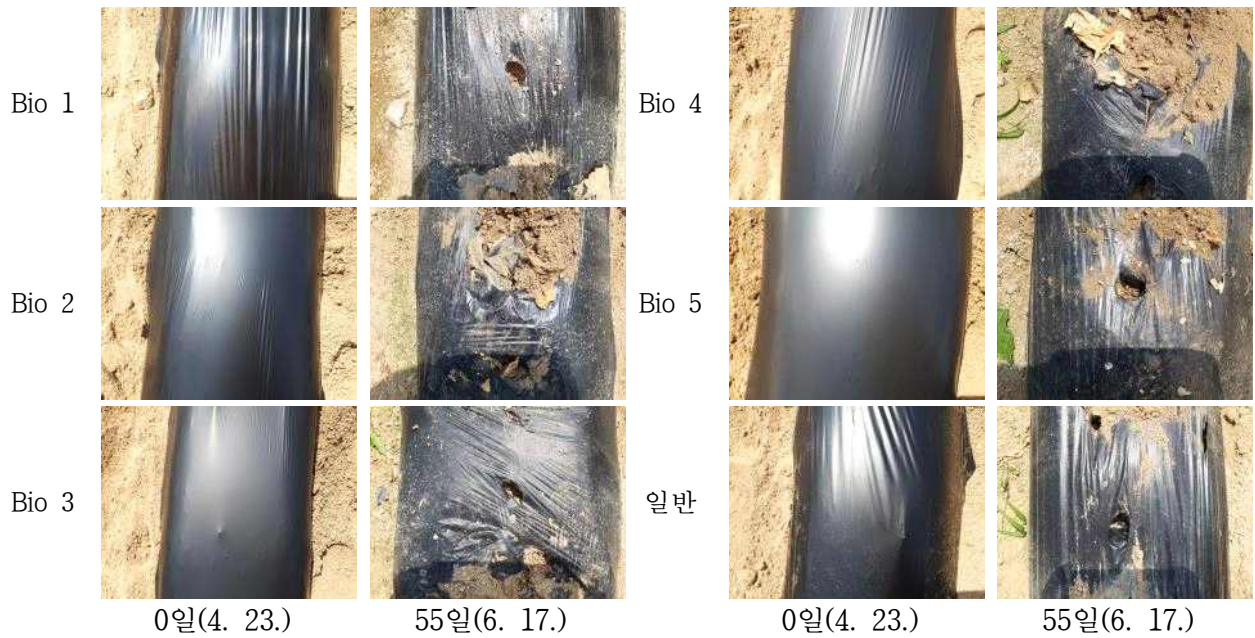


그림 24. 배추 재배경과에 따른 필름 분해양상

표 29. 배추 재배 전·후 토양화학성

시기	처리	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol(+)/kg)			(mg/kg)
전	-	6.4	0.4	31	6.3	0.88	0.93	658
	Bio 1	5.9	2.5	17	6.7	0.19	1.17	241
	Bio 2	6.7	4.2	22	6.9	0.32	1.11	427
	Bio 3	6.5	2.0	18	5.4	0.27	0.95	355
	Bio 4	6.6	4.4	28	8.5	0.46	1.33	585
	Bio 5	6.4	5.2	29	9.7	0.58	1.68	724
	일반	6.1	1.8	17	5.8	0.23	1.09	189

표 30. 배추재배 전·후 토양 중금속

시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
		(mg/kg)							
후	전	ND	13.92	10.38	10.15	100.17	ND	0.01	20.11
	Bio 1	ND	6.59	3.96	10.47	68.06	ND	0.01	7.53
	Bio 2	ND	9.75	6.21	10.42	78.42	ND	0.01	11.43
	Bio 3	ND	8.29	5.33	10.71	72.55	ND	0.01	9.84
	Bio 4	ND	12.28	8.88	9.89	97.02	ND	0.02	16.32
	Bio 5	ND	14.68	10.62	10.62	105.08	ND	0.01	20.95
	일반	ND	6.20	3.49	11.1	68.85	ND	0.01	6.46
우려기준		≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-

표 31. 배추재배 전·후 토양 내 미생물

시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase (μgTPF/g·24h)
후	전	4.0×10^7	5.7×10^7	6.3×10^5	170.83	85.20
	Bio 1	9.8×10^6	1.1×10^7	3.9×10^5	23.47	40.40
	Bio 2	1.2×10^7	7.7×10^6	4.0×10^5	23.62	45.96
	Bio 3	1.1×10^7	9.7×10^6	4.3×10^5	15.60	40.76
	Bio 4	1.4×10^7	1.3×10^7	4.5×10^5	43.07	55.70
	Bio 5	1.4×10^7	1.1×10^7	7.7×10^5	41.47	68.10
	일반	9.5×10^6	1.4×10^7	7.1×10^5	57.03	17.51

5. 무 재배 실증시험

무 재배 실증시험에 사용한 멀칭필름은 표 32에 표시된 것과 같은 규격의 시중 유통 생분해성 필름 5종과 농가에서 관행으로 사용하는 PE필름을 사용하였고, ‘태청무’를 공시 품종으로 하였으며, 주요 작업일정은 표 33과 같다.

표 32. 무 재배 사용 멀칭필름 규격

구분	필름 규격	비 고
Bio 1	0.012mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 2	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 3	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 4	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 5	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
PE 필름(HD)	0.015mm, 100cm × 500m	흑색

표 33. 무 재배시험 주요작업 시기

품 종	피복일	파종일	수확일
태청무	2020. 4. 21.	2020. 4. 21.	2020. 7. 2.



그림 25. 무 재배 생육 시기별 상황

무 재배기간 중 기온, 습도, 일사량 등의 환경은 그림 26와 같으며 필름종류에 따른 무의 수확량은 배추와 마찬가지로 유의적 차이가 없었고(표 34), 10a 당 농가 경영비는 배추와 같았다(표 35).

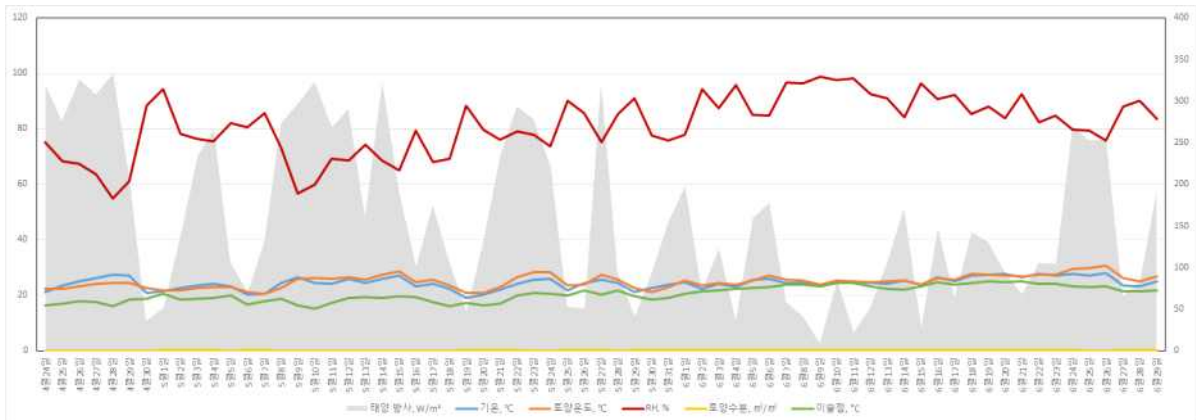


그림 26. 무 재배기간 중 시험포장 재배환경

표 34. 필름 종류에 따른 무 수확량

구 분	근경(cm)	근장(cm)	근중(kg)	엽중(kg)	엽수
Bio 1	8.6	21.2	0.93	0.44	25.5
Bio 2	8.5	21.7	0.98	0.43	24.4
Bio 3	9.5	22.8	1.24	0.51	24.8
Bio 4	9.0	23.8	1.26	0.62	27.3
Bio 5	8.7	23.0	1.08	0.50	22.4
일반	8.8	22.9	1.12	0.59	26.9

표 35. 무 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(HD)	생분해성
필름규격	0.15mm×100cm×1,000m	0.015mm×100cm×1,000m
구입비(원)	50,000	130,000*
필름 제거 인건비(원)	30,000	-
합 계	80,000	130,000

무 재배기간은 70일 정도로 재배기간이 짧아 재배 중 육안관찰 시 생분해 필름의 분해는 진행되지 않으나 수확 작업 등 물리적 작업 시 생분해필름의 훼손이 많은 것으로 보아 물성이 약해졌음을 알 수 있었다(그림 27). 재배 전후의 토양 내 화학성과 중금속, 미생물체 분포 등의 양상을 비교한 결과를 보면 모든 항목에서 멀칭필름 간의 차이를 보이지 않았으나(표 36, 37, 38), 분해가 진행된 상태(그림 27)의 차이로 볼 때 미생물의 활동에 따른 분해는 미미한 것으로 보인다.

표 36 무 재배 전·후 토양화학성

시기	처리	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol(+)/kg)			(mg/kg)
전	-	6.8	0.2	18	5.5	0.52	0.93	491
	Bio 1	5.4	0.8	15	3.2	0.59	0.45	460
후	Bio 2	6.0	0.2	16	3.3	0.65	0.47	441
	Bio 3	6.5	0.1	15	4.3	0.42	0.68	375
	Bio 4	6.4	0.2	18	4.0	0.64	0.54	447
	Bio 5	6.6	0.2	16	4.6	0.56	0.75	415
	일반	6.0	0.2	16	3.3	0.63	0.45	451

표 37. 무 재배 전·후 토양 중금속

시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
		(mg/kg)							
전	-	ND	21.80	26.58	13.68	92.30	5.35	0.03	56.13
	Bio 1	ND	21.96	28.23	14.22	93.21	6.45	0.03	58.98
후	Bio 2	ND	20.44	27.56	14.11	89.68	5.74	0.03	57.39
	Bio 3	ND	21.28	28.42	14.34	94.02	5.54	0.03	58.62
	Bio 4	ND	21.84	28.28	13.45	92.44	5.76	0.03	57.41
	Bio 5	ND	21.21	27.77	14.22	91.90	5.54	0.03	57.83
	일반	ND	22.51	27.07	16.23	101.61	5.62	0.04	55.46
우려기준		≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-

표 38 무 재배 전·후 토양 내 미생물

시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase (μg TPF/g·24h)
전	-	4.0×10^7	5.7×10^7	6.3×10^5	170.83	85.20
	Bio 1	9.8×10^6	1.1×10^7	3.9×10^5	23.47	40.40
후	Bio 2	1.2×10^7	7.7×10^6	4.0×10^5	23.62	45.96
	Bio 3	1.1×10^7	9.7×10^6	4.3×10^5	15.60	40.76
	Bio 4	1.4×10^7	1.3×10^7	4.5×10^5	43.07	55.70
	Bio 5	1.4×10^7	1.1×10^7	7.7×10^5	41.47	68.10
	일반	9.5×10^6	1.4×10^7	7.1×10^5	57.03	17.51

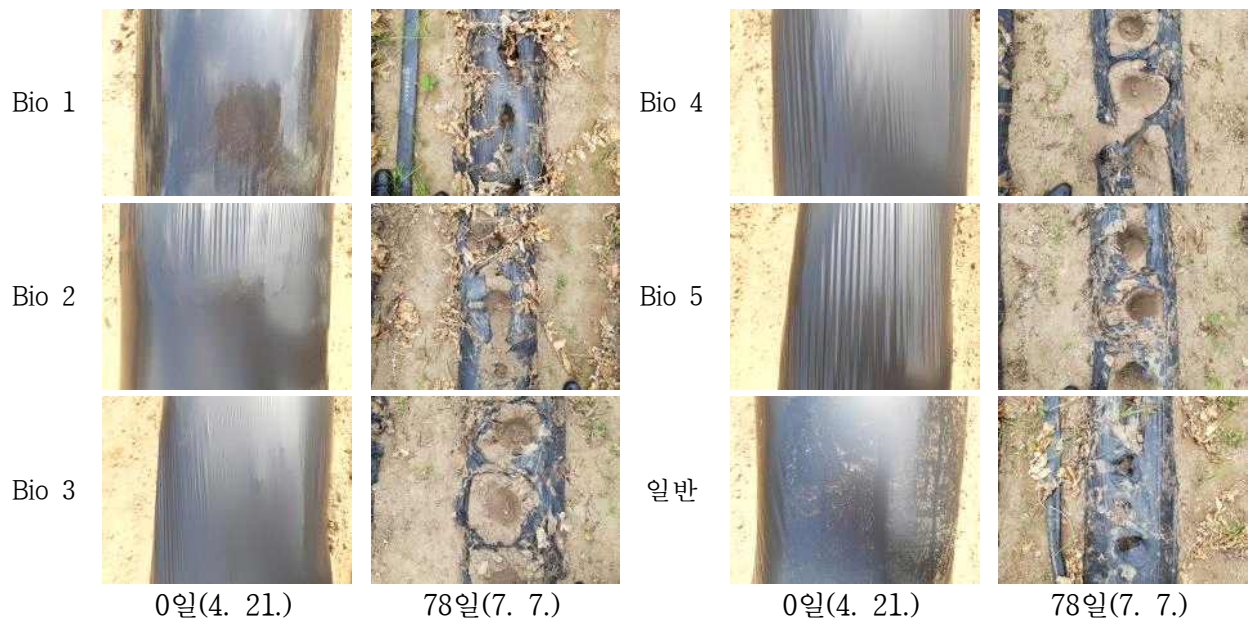


그림 27. 무 재배경과에 따른 필름 분해양상

6. 옥수수 재배 실증시험

옥수수 재배 시험은 2가지 영농형태로 수행하였다. 첫 번째로 종실용 옥수수를 수확하는 재배형태로 일반 옥수수에 비교하여 재배기간이 긴 형태이고, 두 번째는 간식용 등으로 이용하는 풋옥수수를 수확한 후, 멀칭필름 제거 없이 그 자리에 배추 등을 후작하는 형태로 일반 농가에서 사용하는 재배 방식이다. 이 방식은 옥수수 재배기간은 짧지만 전체적인 필름 사용기간은 긴 영농 방식으로 각각에 사용한 멀칭필름은 표 39에 표시된 것과 같은 규격의 시중 유통 생분해성 필름과 농가에서 관행으로 사용하는 PE필름을 사용하였다. 생분해 필름 제조회사에 따라 채종단지 농가에서 요구하는 필름규격의 생산이 불가능한 경우가 있어 종실용은 4종을 풋옥수수는 5종의 생분해필름을 사용하였다.

표 39. 옥수수 재배 사용한 멀칭필름 규격

재배지역	구분	필름 규격	비 고
종실용 옥수수 (영월)	Bio 1	0.012mm, 150cm × 500m	흑색
	Bio 2	0.015mm, 150cm × 500m	흑색
	Bio 3	0.015mm, 150cm × 500m	흑색
	Bio 4	0.015mm, 150cm × 500m	흑색
	PE 필름(HD)	0.015mm, 150cm × 500m	흑색
풋옥수수 (춘천)	Bio 1	0.012mm, 100cm × 500m	흑색
	Bio 2	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
	Bio 3	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
	Bio 4	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
	Bio 5	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
	PE 필름(HD)	0.015mm, 100cm × 500m	흑색

표 40. 옥수수 재배시험 주요작업 시기

구 분	품 종	피복일	정식(파종)일	수확일
종실용(영월)	미흑찰	2020. 4. 26.	2020. 5. 20.	2020. 8.
풋옥수수+배추 (춘천)	미백 2호	2020. 4. 29.	2020. 5. 06	2020. 7. 22.
	불암 3호	-	2020. 8. 26.	2020. 11. 9

옥수수 재배 주요작업 시기는 표 40과 같으며 종실용 옥수수는 육묘이식을 풋옥수수는 직파로 재배하였다. 풋옥수수 수확 후 가을배추를 후작으로 재배할 때 필름별 분해 진행에 차이가 있었고 Bio 3제품의 분해가 가장 많이 진행되었다(그림 28).

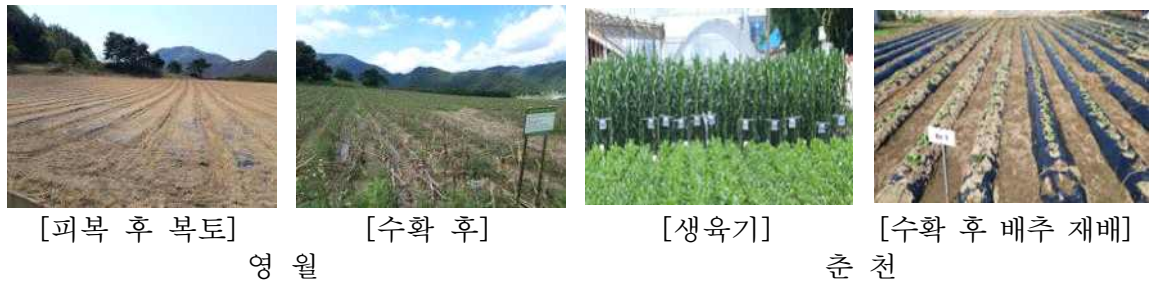


그림 28. 옥수수 재배 시기별 포장상황

종실용 옥수수 재배기간 중 채종단지인 영월의 기상환경과 시험포장 재배환경은 그림 29, 30과 같다. 2020년 기상은 7~8월 지속적인 강우로 종실용 옥수수 수확량은 평년대비 30% 정도 감소하였으나 필름종류에 따른 차이는 없었다. 필름의 분해정도는 그림 31에서 보는 바와 같으며, Bio 3의 경우 분해정도가 더한 것으로 보아 수분에 의해 분해되는 정도가 심한 것으로 생각된다.

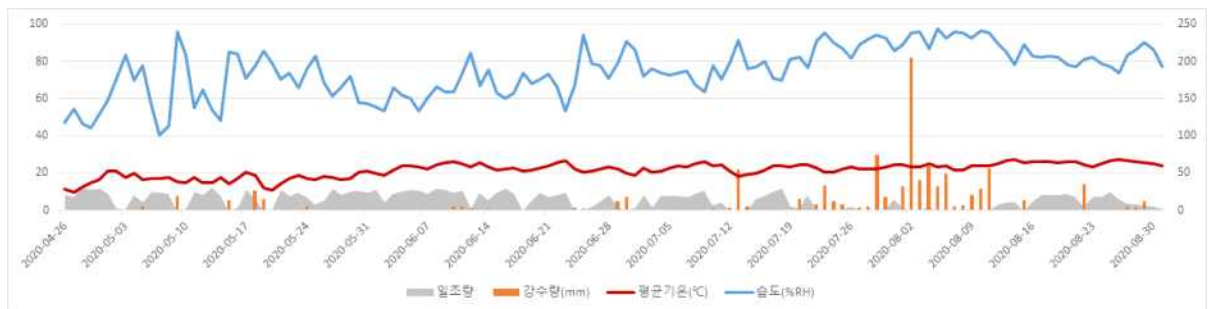


그림 29. 옥수수 재배기간 중 영월지역 기상환경

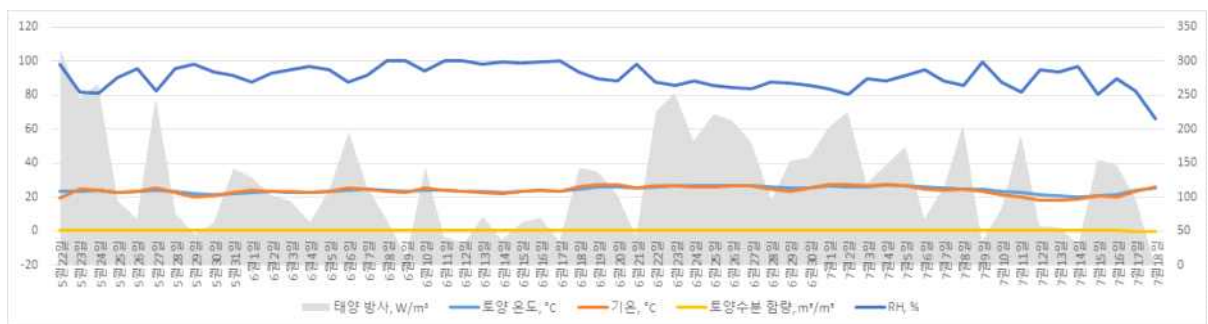


그림 30. 옥수수 재배기간 중 시험포장 재배환경



그림 31. 옥수수 재배경과에 따른 필름 분해양상(영월)

옥수수는 생분해 멀칭필름을 가장 효과적으로 적용하기 적합한 작물로 생각되는데 그 이유는 옥수수의 식물학적 특성상 부정근이 함께 자라 수확 후 필름을 제거하는 작업은 시간이 많이 걸리는 것은 물론이고 노동 강도가 매우 높다. 이러한 점에서 볼 때 옥수수 재배 농가경영비는 표 41에서 보는 바와 같이 필름제거에 소요되는 인건비가 높아 필름 구입비가 2.5~3배가 됨에도 불구하고 생분해 필름을 사용하는 것이 절약되는 것을 알 수 있다.

표 41. 종실용 옥수수 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(HD)	생분해성
필름규격	0.15mm×150cm×665m	0.015mm×150cm×665m
구입비(원)	47,000	130,850*
필름 제거 인건비(원)	100,000	-
합 계	147,000	130,850

풋옥수수 수확 후 배추를 재배하는 시험은 춘천에서 수행하였는데 재배기간 중 기상 환경과 시험포장의 재배환경은 그림 32, 33과 같다. 풋옥수수 수확시기부터 강수일수가

많아졌으며 수확 후 배추 정식시기인 8월에는 강수일수와 강수량이 많았다. 필름별 분해 속도를 보면 Bio 5는 조기에 선형으로 붕괴되는 경향이 나타났으나 분해 진행속도는 Bio 2, 4와 비슷하게 진행되었으며, Bio 3은 가장 빠르게 분해되었는데 앞에서도 언급하였듯 수분에 의한 분해속도가 빠른 것으로 판단된다(그림 34).



그림 32. 풋옥수수 재배기간 중 춘천지역 기상환경

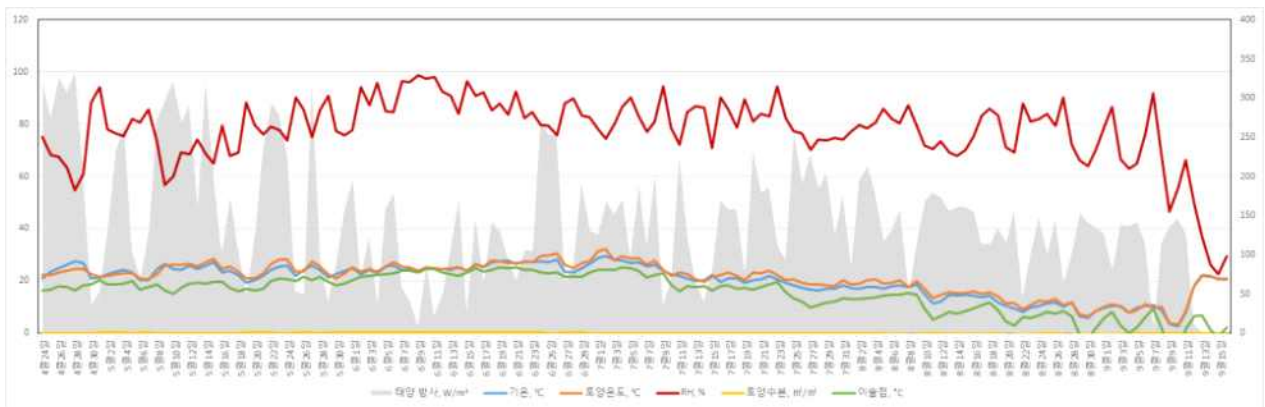


그림 33. 풋옥수수 재배기간 중 시험포장 재배환경



그림 34. 풋옥수수 재배경과에 따른 멀칭필름별 분해정도

풋옥수수 수량은 필름종류에 따른 차이는 없었고(그림 35, 표 42), 농가 경영비 측면에서는 종실용 옥수수와 마찬가지로 생분해 필름을 사용하는 것이 절감효과가 있었다(표 43).

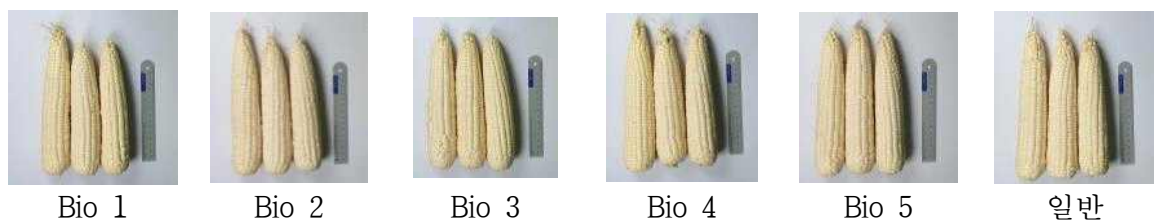


그림 35. 필름 종류에 따른 풋옥수수

표 42. 멀칭필름 종류에 따른 풋옥수수 수확량

구 분	이삭장(mm)	착립장(mm)	이삭경(mm)	이삭중(g)	이삭열수
Bio 1	199.1	194.3	44.6	219.7	12.8
Bio 2	200.4	199.4	42.4	217.0	12.5
Bio 3	194.6	192.3	44.3	213.7	12.4
Bio 4	205.6	203.7	45.1	227.3	13.9
Bio 5	205.3	199.5	44.8	224.7	13.3
일반	199.1	198.1	46.0	228.2	13.1

표 43. 풋옥수수 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(HD)	생분해성
필름규격	0.15mm×100cm×1,000m	0.015mm×100cm×1,000m
구입비(원)	50,000	130,000*
필름 제거 인건비(원)	100,000	-
합 계	150,000	130,000

옥수수 재배 전후의 토양 내 화학성(표 44)과 유해 중금속(표 45), 미생물체량(표 46) 등을 비교한 결과 재배후 전기전도도가 일반필름과 bio 1에 비해 bio 2, 3, 4의 경우 만 이 낮은 경향을 보였는데 이는 생분해 필름 분해가 진행됨에 따라 토양내로의 빗물 침투량이 많아져 양분의 유실이 많아진 결과로 보인다. 중금속과 미생물체량은 필름간 차이를 나타내지 않았다.

표 44. 옥수수 재배 전·후 토양화학성

지역	시기	처리	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Ca	K (cmol(+)/kg)	Mg	P ₂ O ₅ (mg/kg)
영월	전	-	6.6	0.3	17	3.5	0.35	1.41	412
		Bio 1	6.9	0.7	19	4.7	0.38	2.17	561
	후	Bio 2	7.3	0.2	15	3.8	0.34	1.55	351
		Bio 3	7.5	0.2	15	4.2	0.29	1.63	342
		Bio 4	7.3	0.2	17	4.4	0.40	1.80	460
		일반	6.8	1.1	23	5.4	0.42	2.51	715

표 45. 옥수수 재배 전·후 토양내 중금속

지역	시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
			(mg/kg)							
영월	전	-	ND	5.51	3.13	7.83	76.81	ND	0.01	5.27
		Bio 1	ND	6.42	3.97	7.30	82.92	ND	0.01	6.34
	후	Bio 2	ND	4.47	2.77	6.25	77.42	ND	0.01	4.64
		Bio 3	ND	4.08	2.82	6.41	81.26	ND	0.01	4.56
		Bio 4	ND	4.55	3.18	7.34	82.21	ND	0.01	5.25
		일반	ND	7.81	4.57	8.13	81.97	ND	0.01	7.31
우려기준			≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-

표 46. 옥수수 재배 전·후 토양 미생물 분포

지역	시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase ($\mu\text{gTPF/g}\cdot\text{24h}$)
영월	전	-	1.3×10^7	1.6×10^7	1.5×10^5	259.90	104.21
		Bio 1	1.2×10^7	1.2×10^7	5.7×10^4	99.79	30.12
	후	Bio 2	1.5×10^7	1.5×10^7	5.4×10^4	130.08	25.36
		Bio 3	1.3×10^7	1.3×10^7	7.4×10^4	157.77	27.74
		Bio 4	1.5×10^7	2.0×10^7	7.7×10^4	135.91	52.18
		일반	1.4×10^7	1.5×10^7	6.5×10^4	129.55	34.70

7. 고추 재배 실증시험

고추는 재배 특성상 일시 수확형 작물이 아니고 수확시기가 길어 작업 시 필름에 물리적인 자극이 많아진다. 따라서 본 시험에서는 필름의 두께를 다양화하여 사용하였고 (표 47), 공시 품종은 ‘힘찬파워’이며 피복시기 등 주요 작업일정은 표 48과 같다.

표 47. 고추 재배시 사용 멀칭필름 규격

구분	필름 규격	비 고
Bio 1	0.012mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 2	0.018mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 3	0.018mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 3-1	0.020mm, 100cm × 500m	
Bio 4	0.018mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 4-1	0.015mm, 100cm × 500m	
Bio 5	0.018mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 5-1	0.020mm, 100cm × 500m	
PE 필름(HD)	0.015mm, 100cm × 500m	흑색

표 48. 고추 재배시험 주요작업 시기

품 종	피복일	정식일	수확일
힘찬파워	2020. 4. 29.	2020. 5. 6.	2020. 8. 13.~10. 14.



[피복]



[생육기]



[수확 후]

그림 36. 고추 재배 시기별 포장상황

멀칭필름 별 고추 수량은 표 49에서 보는 바와 같이 일반필름과 비교하였을 때 Bio 5, 5-1(A社)을 제외하고 비슷하였으나, 두께가 0.018mm미만의 필름 처리구에서 다소 떨어지는 경향을 보였으나 유의적 차이는 없었고, 제조회사별 차이가 더 큰 요인으로 보여지며, 0.015mm이상의 필름사용으로 생분해필름 적용이 가능할 것으로 사료된다. 0.015mm두께의 필름을 사용하였을 때 농가 경영비는 표 50과 같다.

표 49. 멀칭필름 종류에 따른 고추 수확량

구분	수량/주 (g)	중량/개 (g)	상품율 (%)	건물율 (%)
Bio 1	1,082	26.6	87.51	15.24
Bio 2	1,191	25.4	89.70	14.90
Bio 3	1,049	26.0	86.14	14.67
Bio 3-1	896	25.5	87.69	14.62
Bio 4	980	25.8	87.97	16.23
Bio 4-1	995	26.5	84.77	16.04
Bio 5	1,009	24.7	81.69	15.80
Bio 5-1	1,001	26.2	83.35	14.50
일반	1,197	24.5	88.53	16.98

표 50. 고추 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구분	PE(HD)	생분해성
필름규격	0.15mm×100cm×1,000m	0.015mm×100cm×1,000m
구입비(원)	50,000	130,000*
필름 제거 인건비(원)	50,000	-
합계	100,000	130,000

고추 재배 전·후의 토양화학성, 유해중금속, 미생물체량의 변화는 필름종류에 따라 차이가 없었다(표 51, 52, 53).

표 51. 고추 재배 전·후 토양화학성

시기	처리	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol(+)/kg)			(mg/kg)	
전	-	6.2	0.5	44	8.0	1.44	1.46	1,168	
	Bio 1	6.1	0.3	33	6.7	0.49	1.11	1,022	
	Bio 2	6.1	0.3	40	7.7	0.59	1.35	1,125	
	Bio 3	5.9	0.3	38	5.3	0.54	0.84	841	
	Bio 3-1	5.9	0.3	42	7.5	0.69	1.24	1,110	
	후	Bio 4	5.3	1.5	39	7.4	0.79	1.44	1,184
		Bio 4-1	5.7	0.3	33	5.5	0.28	0.90	963
		Bio 5	5.7	0.3	37	6.9	0.57	1.22	1,136
		Bio 5-1	5.9	0.2	36	7.5	0.47	1.28	963
		일반	5.9	0.4	30	5.9	0.30	0.84	856

표 52. 고추 재배 전·후 토양중금속

시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
전	-	ND	33.67	23.96	13.17	136.22	4.60	0.02	45.30
	Bio 1	ND	22.04	18.93	11.36	114.49	3.40	0.01	36.71
	Bio 2	ND	35.29	20.14	12.74	138.98	3.34	0.01	35.90
	Bio 3	ND	23.91	15.60	11.70	118.20	3.63	0.01	28.01
	Bio 3-1	ND	34.84	24.36	12.45	132.96	4.70	0.01	42.46
후	Bio 4	ND	34.86	26.32	13.87	127.14	4.87	0.02	45.72
	Bio 4-1	ND	22.72	19.21	11.45	112.26	3.94	0.01	36.68
	Bio 5	ND	31.34	23.26	12.72	119.71	4.39	0.01	39.33
	Bio 5-1	ND	25.33	20.03	11.41	117.81	4.28	0.01	38.67
	일반	ND	17.70	14.70	11.03	111.11	ND	0.01	27.96
우려기준		≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-

표 53. 고추 재배 전·후 토양중금속미생물

시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase (μgTPF/g·24h)
전	-	5.4×10^7	7.6×10^7	1.0×10^5	253.38	120.24
	Bio 1	2.2×10^7	1.9×10^6	6.4×10^5	103.71	106.07
	Bio 2	1.1×10^7	7.5×10^6	6.6×10^4	106.07	72.56
	Bio 3	9.4×10^6	1.1×10^7	6.3×10^4	69.90	68.57
	Bio 3-1	1.1×10^7	6.1×10^7	8.1×10^4	102.09	31.01
후	Bio 4	8.0×10^6	6.2×10^6	6.7×10^4	64.44	12.13
	Bio 4-1	1.3×10^7	1.0×10^7	8.8×10^4	81.16	52.96
	Bio 5	8.7×10^6	1.1×10^7	7.2×10^4	94.53	66.44
	Bio 5-1	9.0×10^6	8.2×10^6	6.7×10^4	73.99	50.58
	일반	9.2×10^6	5.6×10^6	6.2×10^4	99.33	28.62

고추재배 경과에 따른 필름의 변화는 Bio 5와 5-1제품을 제외하고 3개월 경과 시까지 형태를 유지하고 있었다(그림25). Bio 5와 5-1제품은 조기에 선형으로 붕괴하여 효과가 떨어졌으며, 이는 필름 제작기술의 미숙으로 생각된다. 필름의 분해는 Bio 3이 가장 빨랐으며 Bio 1은 거의 분해되지 않았고 특히 땅속에 묻혀 있었던 부분은 분해가 이루어지지 않았다. 나머지 생분해 필름은 서서히 분해되어 수확종료 후까지 잡초발생 등의 문제없이 재배가 가능하였다.



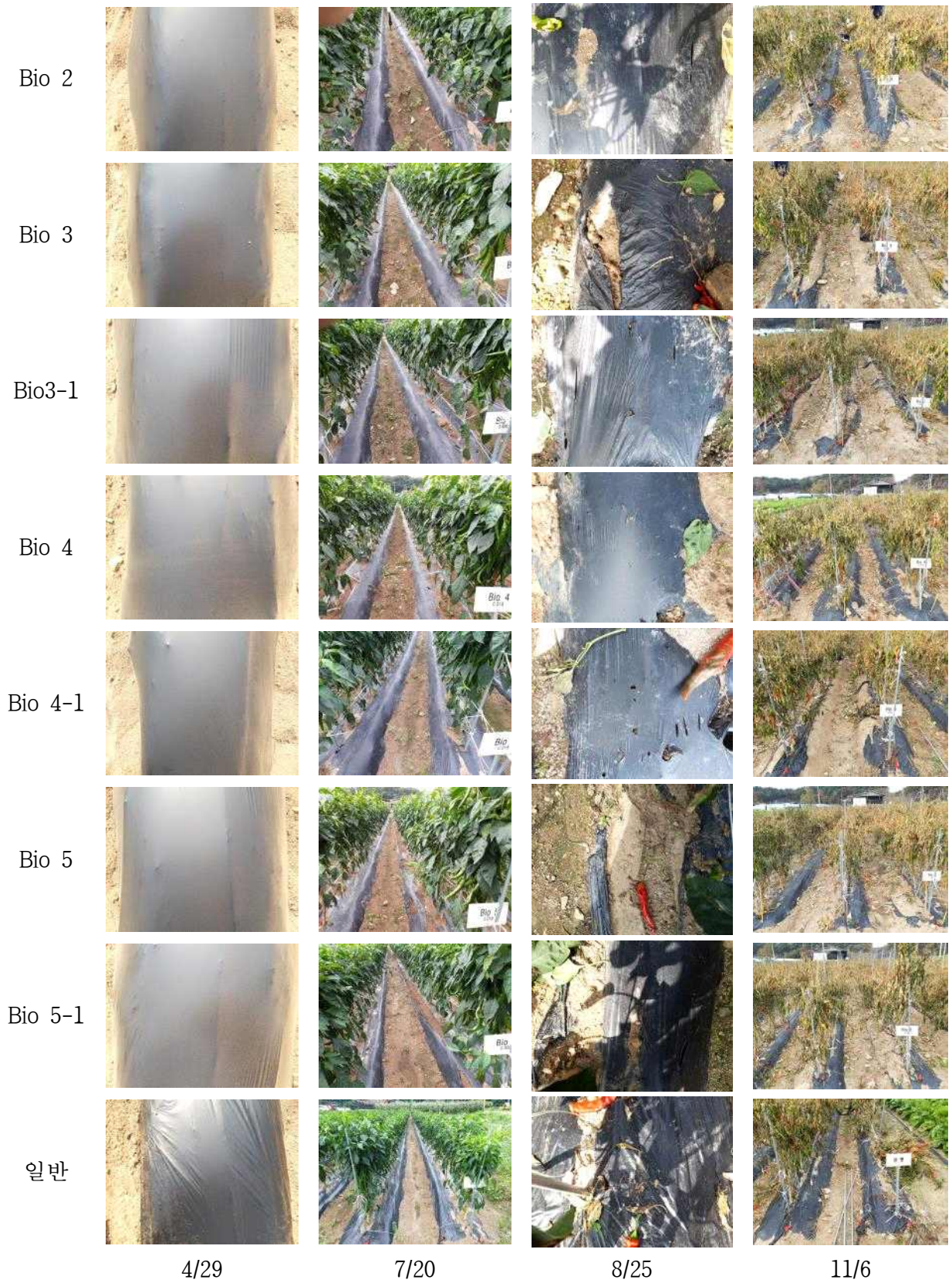


그림 37. 고추 재배경과에 따른 필름종류별 분해양상

8. 고구마 재배 실증시험

고구마 재배 농가현장적용을 위한 시험 전 고구마농가에서 재배하는 멀칭필름을 조사한 결과 대부분의 농가에서 배색필름을 사용하고 있었고 실증시험 농가에서도 배색필름을 시험하기를 원하였으나 제조업체에서 배색필름의 생산에 어려움이 있어 일반 흑색 멀칭 필름으로 시험하였으며(표 54), 배색필름 제작이 가능한 2개 업체의 필름을 추가로 시험하였다. 재배 시기별 주요작업 일정은 표 55과 같다.

표 54. 고구마 재배 시험 사용 멀칭필름 규격

구분	필름 규격	비 고
Bio 1	0.012mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 2	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 3	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 4	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
Bio 5	0.015mm, 100cm × 500m	흑색
PE 필름(HD)	0.015mm, 100cm × 500m	흑색

표 55. 재배시험 주요작업 시기

구 분	피복일	정식일	수확일
농가 1	2020. 5. 31.	2020. 6. 01.	2020. 10. 15.
농가 2	2019. 5. 31.	2020. 6. 02.	2020. 10. 14.



그림 38. 고구마 재배 시기별 포장상황

2020년 기상환경은 그림 39와 같으며 고구마 정식기 이후 1달 가량 강수량이 없어 가뭄이 지속되어 활착율이 50%미만이었고(그림 40), 생육기에는 많은 강수량으로 작황이 나빴다.



그림 39. 고구마 시험지역 재배기간 중 기상환경

흑색멀칭 필름의 경우 봉괴 없이 형태가 유지되었으나, 배색필름의 경우 흑색과 투명 필름 경계선에 봉괴가 있었고 투명한 부분의 조기봉괴로 잡초가 다 발생하였다(그림 40).



그림 40. 생육 초기 흑색과 배색필름 포장 상황

멀칭필름 종류에 따른 고구마 수확량은 표 56에서 보는 것과 같이 흑색필름의 경우 생분해성 필름이 일반필름과 비교하여 비슷하거나 조금 많은 경향을 보였으나 배색필름의 경우 생분해성 필름의 수확량은 확연하게 적었다(그림 41).

표 56. 멀칭필름 종류에 따른 고구마 수확량

농가 1	수량/10a (kg)	상품수량/10a (kg)	농가 2	수량/10a (kg)	상품수량/10a (kg)
Bio 1	2,474	1,528	Bio 1	1,719	1,291
Bio 2	1,166	821	Bio 2	1,345	1,048
Bio 3	2,413	1,683	Bio 3	1,690	1,377
Bio 4	2,485	1,798	Bio 4	1,718	1,302
Bio 5	2,065	1,666	Bio 5	1,321	1,064
일반	1,713	1,441	일반	1,911	958



그림 41. 배색 필름재배로 수확한 고구마

고구마 재배농가에서는 덩굴제초 후 필름제거 없이 기계 수확을 진행하였으며 수확 시 필름의 손상이 많아 인건비가 많이 소요되고 필름의 완전한 수거가 매우 어려운 형편으로 생분해 필름적용이 시급하다고 판단되는 작목이다. 그러나 농가에서 원하는 품질 좋은 배색필름의 생산기술이 미흡하여 공급이 어려운 실정으로 제조업체의 기술개발이 조속히 이루어져야 할 것으로 생각되며, 재배농가에서는 고품질의 배색 생분해필름이 공급될 경우 자가 구매 사용의지가 높았다. 표 57에서 보는 바와 같이 농가경영비를 비교하여 보았을 때도 생분해 필름을 사용하는 것이 경제적이었을 뿐 아니라 인력수급의 어려움을 해결하는 데도 도움이 된다.

표 57. 고구마 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(HD)	생분해성
필름규격	0.15mm×100cm×1,000m	0.015mm×100cm×1,000m
구입비(원)	50,000	130,000*
필름 제거 인건비(원)	100,000	-
합 계	150,000	130,000

재배 후의 토양화학성은 생분해 필름을 적용한 시험구의 토양의 전기전도도가 일반필름보다 낮았는데 이는 많은 강수량으로 토양내로의 빗물 침투로 양분이 유실된 결과로 판단된다(표 58). 토양 내 유해중금속(표 59)과 미생물분포(표 59)는 필름종류 간의 차이는 보이지 않았다.

표 58. 고구마 재배 전·후 토양화학성

농가	시기	처리	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
			(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol(+)/kg)			(mg/kg)
1	전	-	6.3	1.0	22	10.0	1.51	2.47	711
		Bio 1	7.1	0.3	32	11.1	0.95	2.88	741
	후	Bio 2	7.1	0.4	32	10.7	1.29	2.73	705
		Bio 3	7.0	0.5	33	11.4	1.11	2.83	853
		Bio 4	7.1	0.4	33	10.5	1.26	2.82	750
		Bio 5	7.1	0.4	32	11.0	1.22	2.81	755
		일반	7.0	0.6	33	10.7	1.24	2.68	853
2	전	-	7.0	0.3	14	6.5	0.30	1.81	166
		Bio 1	5.3	1.3	13	6.2	0.09	1.52	99
	후	Bio 2	5.6	0.7	14	5.1	0.09	1.46	72
		Bio 3	6.2	0.1	13	5.3	0.10	1.44	80
		Bio 4	5.2	0.6	13	4.9	0.13	1.31	75
		Bio 5	5.7	1.0	13	5.8	0.15	1.67	58
		일반	5.3	2.2	13	7.5	0.12	1.80	132

표 59. 고구마 재배 전·후 토양중금속

농가	시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr
			(mg/kg)							
1	전	-	ND	41.52	31.94	12.46	98.46	6.77	0.04	39.16
		Bio 1	ND	42.92	31.41	12.82	110.01	7.96	0.01	41.87
	후	Bio 2	ND	42.53	31.54	14.40	113.34	8.14	0.04	39.88
		Bio 3	ND	41.67	30.83	13.10	105.17	7.05	0.04	38.48
		Bio 4	ND	40.43	30.37	13.07	105.15	7.74	0.03	38.94
		Bio 5	ND	41.83	32.49	13.31	111.45	7.43	0.03	41.58
		일반	ND	41.04	31.20	12.67	104.63	8.10	0.03	39.68
2	전	-	ND	6.66	3.55	22.09	72.54	ND	0.02	7.88
		Bio 1	ND	5.10	2.90	17.94	65.13	ND	0.01	6.49
	후	Bio 2	ND	4.76	2.81	18.34	61.61	ND	0.01	5.60
		Bio 3	ND	4.90	3.07	19.53	65.33	ND	0.01	6.22
		Bio 4	ND	4.10	2.76	18.54	62.47	ND	0.02	5.88
		Bio 5	ND	4.65	2.97	18.27	63.40	ND	0.01	6.02
		일반	ND	4.52	2.84	16.46	59.45	ND	0.01	5.83
우려기준			≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-

표 60. 고구마 재배 전·후 토양미생물

농가	시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase (μ gTPF/g·24h)
1	전	-	8.6×10^7	5.4×10^7	5.3×10^5	376.59	72.49
		Bio 1	2.2×10^7	1.6×10^7	4.9×10^5	166.17	148.31
	후	Bio 2	1.4×10^7	1.6×10^7	6.6×10^4	198.42	135.28
		Bio 3	1.7×10^7	1.2×10^7	9.3×10^4	219.52	125.71
		Bio 4	1.8×10^7	1.6×10^7	1.1×10^5	195.90	74.34
		Bio 5	1.5×10^7	1.7×10^7	7.5×10^4	217.49	60.29
		일반	2.9×10^7	1.1×10^7	6.6×10^5	150.45	69.74
2	전	-	1.3×10^7	1.4×10^7	4.4×10^4	136.41	82.61
		Bio 1	1.1×10^7	1.2×10^7	1.2×10^5	66.29	46.44
	후	Bio 2	9.4×10^6	1.0×10^7	8.3×10^4	82.92	33.86
		Bio 3	1.0×10^7	7.3×10^6	9.2×10^4	89.79	34.20
		Bio 4	7.9×10^6	1.1×10^7	7.6×10^4	104.23	30.08
		Bio 5	6.6×10^6	1.2×10^7	8.3×10^4	67.25	37.88
		일반	9.6×10^6	1.6×10^7	1.2×10^5	81.15	41.25

고구마 재배에 사용한 5종의 흑색 생분해 필름은 조기붕괴 등의 문제는 없었으며, 수확 시까지 Bio 3 과 Bio 5의 분해도가 높았고 Bio 4, Bio 2, Bio 1의 순이었다(그림 42).

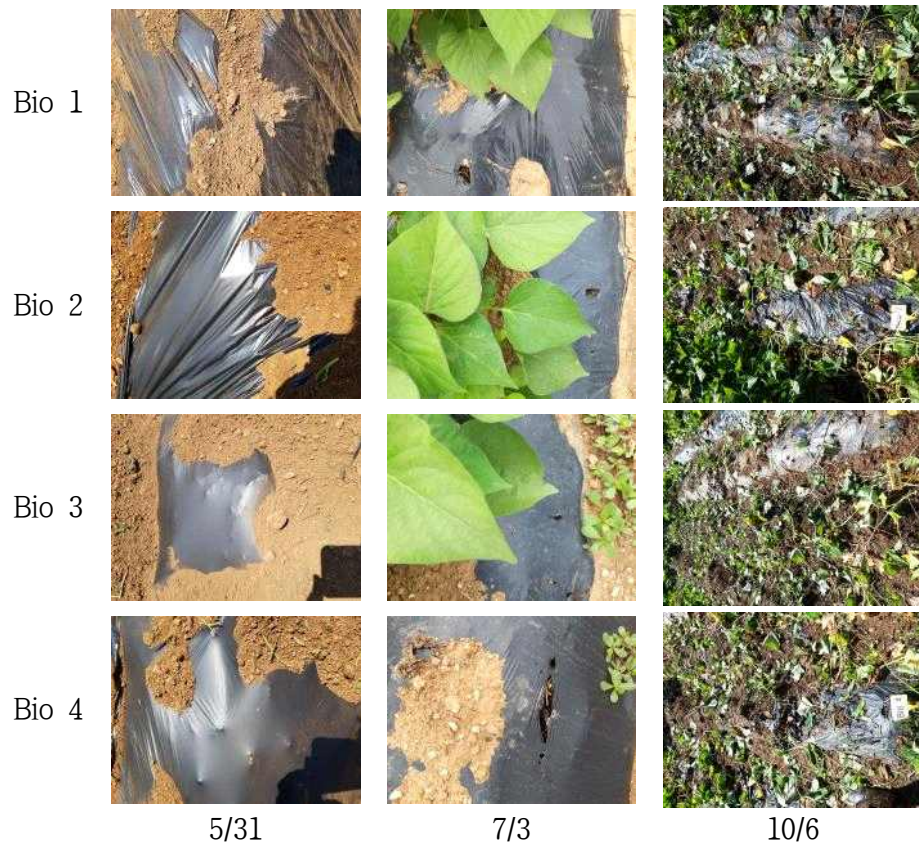




그림 42. 고구마 재배기간 중 멀칭필름 분해양상

9. 콩 재배 실증시험

콩 재배시험은 평창군에 위치한 약선콩 재배단지에서 수행하였으며, 시험에 사용한 멀칭필름은 표 61에 표시된 것과 같은 규격의 시중 유통 생분해성 필름 5종과 농가에서 관행으로 사용하는 PE필름을 사용하였고, 주요작업 시기는 표 60과 같다. 발작물 생력화를 위한 기계멀칭과 수확이 이루어졌다(그림 43).

표 61. 사용 멀칭필름 규격

구분	필름 규격	비 고
Bio 1	0.012mm, 85cm × 500m	흑색
Bio 2	0.015mm, 90cm × 500m	흑색
Bio 3	0.015mm, 85cm × 500m	흑색
Bio 4	0.015mm, 85cm × 500m	흑색
Bio 5	0.015mm, 85cm × 500m	흑색
PE 필름(HD)	0.015mm, 85cm × 500m	흑색

표 62. 재배시험 주요작업 시기

품 종	피복일	파종일	수확일
약선콩	2020. 6. 9.	2020. 6. 10.	2020. 10. 28.



그림 43. 콩 재배 시기별 생육 상황

콩 시험재배 지역의 기상환경은 그림 44과 같으며 콩 수확기에 건조시기가 길었다. 콩 수확량은 Bio 2필름의 수확량이 다소 높은 경향이었고 일반 필름과 나머지 생분해필름의 수확량은 거의 차이가 없었다(표 63).

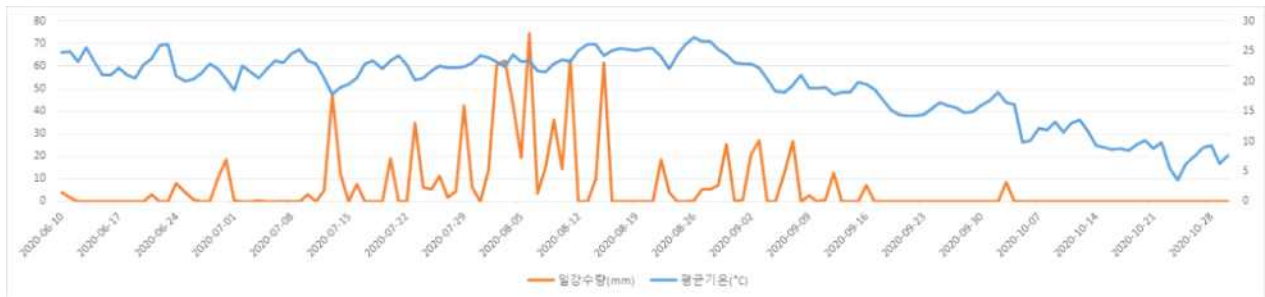


그림 44. 콩 시험재배 지역 재배기간 중 기상환경

표 63. 콩 재배 후 수량

구 분	수량/10a (kg)	협수/주 (개)	100립 중 (g)
Bio 1	165.1	170.1	17.16
Bio 2	235.4	246.5	17.31
Bio 3	180.6	176.5	18.10
Bio 4	171.5	185.0	17.65
Bio 5	191.9	216.6	18.10
일반	176.4	185.6	17.43

농가 경영비 차원에서는 일반필름의 경제성이 높았으나(표 64) 콩 수확 시 사용하는 콤바인의 케도바퀴에 의한 필름의 훼손으로 필름제거작업이 완전히 이루어지기 힘든 상황이었다(그림 45).

표 64. 콩 재배 시 농가경영비 비교(10a)

구 분	PE(HD)	생분해성
필름규격	0.15mm × 85cm × 1,000m	0.015mm × 85cm × 1,000m
구입비(원)	43,000	110,000*
필름 제거 인건비(원)	40,000	-
합 계	83,000	110,000



콤바인 수확



수확 후 훼손된 필름

그림 45. 콩 기계 수확 후 필름 상태

콩 재배 전과 후의 토양화학적성(표 65), 유해 중금속(표 66)과 미생물(표 67) 분포는 멀

칭필름별 차이를 나타내지 않았다. 시간 경과에 따른 멀칭필름의 분해도는 Bio 3이 가장 높았으며, Bio 2, 4, 5의 물성도 많이 약해져 있어 농가 만족도가 높았다(그림 46).

표 65. 콩 재배 전후 토양화학성

시기	처리	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅	
		(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol(+)/kg)			(mg/kg)	
후	전	-	6.0	0.3	25.0	7.3	0.24	1.60	26
	Bio 1	5.5	0.2	26.7	7.1	0.18	1.37	75	
	Bio 2	5.6	0.3	30.6	7.9	0.17	1.43	84	
	Bio 3	5.6	0.3	29.4	7.6	0.20	1.45	79	
	Bio 4	5.9	0.2	28.7	7.9	0.19	1.48	71	
	Bio 5	6.1	0.2	27.3	7.7	0.28	1.86	74	
	일반	5.9	0.1	26.5	7.5	0.19	1.49	64	

표 66. 콩 재배 전후 토양중금속

시기	처리	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	As	Hg	Cr	
		(mg/kg)								
후	전	-	ND	22.26	24.50	34.77	77.19	10.46	0.05	39.52
	Bio 1	ND	24.28	26.73	36.96	83.85	11.48	0.05	39.74	
	Bio 2	ND	24.61	28.07	40.50	82.93	11.28	0.05	42.00	
	Bio 3	ND	23.94	27.26	37.99	80.32	11.02	0.05	40.13	
	Bio 4	ND	24.19	26.95	38.54	81.59	11.33	0.05	43.12	
	Bio 5	ND	23.65	27.62	39.18	80.59	10.74	0.05	41.73	
	일반	ND	21.76	25.41	35.54	85.14	11.44	0.05	38.24	
우려기준		≤4	≤150	≤100	≤200	≤300	≤25	≤4	-	

표 67. 콩 재배 전후 토양미생물

시기	처리 구분	세균류 (cfu/g)	방선균류 (cfu/g)	사상균류 (cfu/g)	Biomass C (mg/kg)	Dehydrogenase (μgTPF/g·24h)	
후	전	-	9.4×10^6	1.5×10^7	6.6×10^4	376.59	72.49
	Bio 1	1.0×10^7	9.6×10^6	5.8×10^4	221.95	33.24	
	Bio 2	1.1×10^7	1.2×10^7	6.5×10^4	248.17	35.54	
	Bio 3	2.8×10^7	3.4×10^7	9.5×10^4	185.52	44.82	
	Bio 4	1.2×10^7	1.6×10^7	8.8×10^4	218.52	44.82	
	Bio 5	1.1×10^7	1.3×10^7	6.8×10^4	219.21	99.37	
	일반	4.2×10^7	3.4×10^7	1.3×10^6	223.67	36.06	

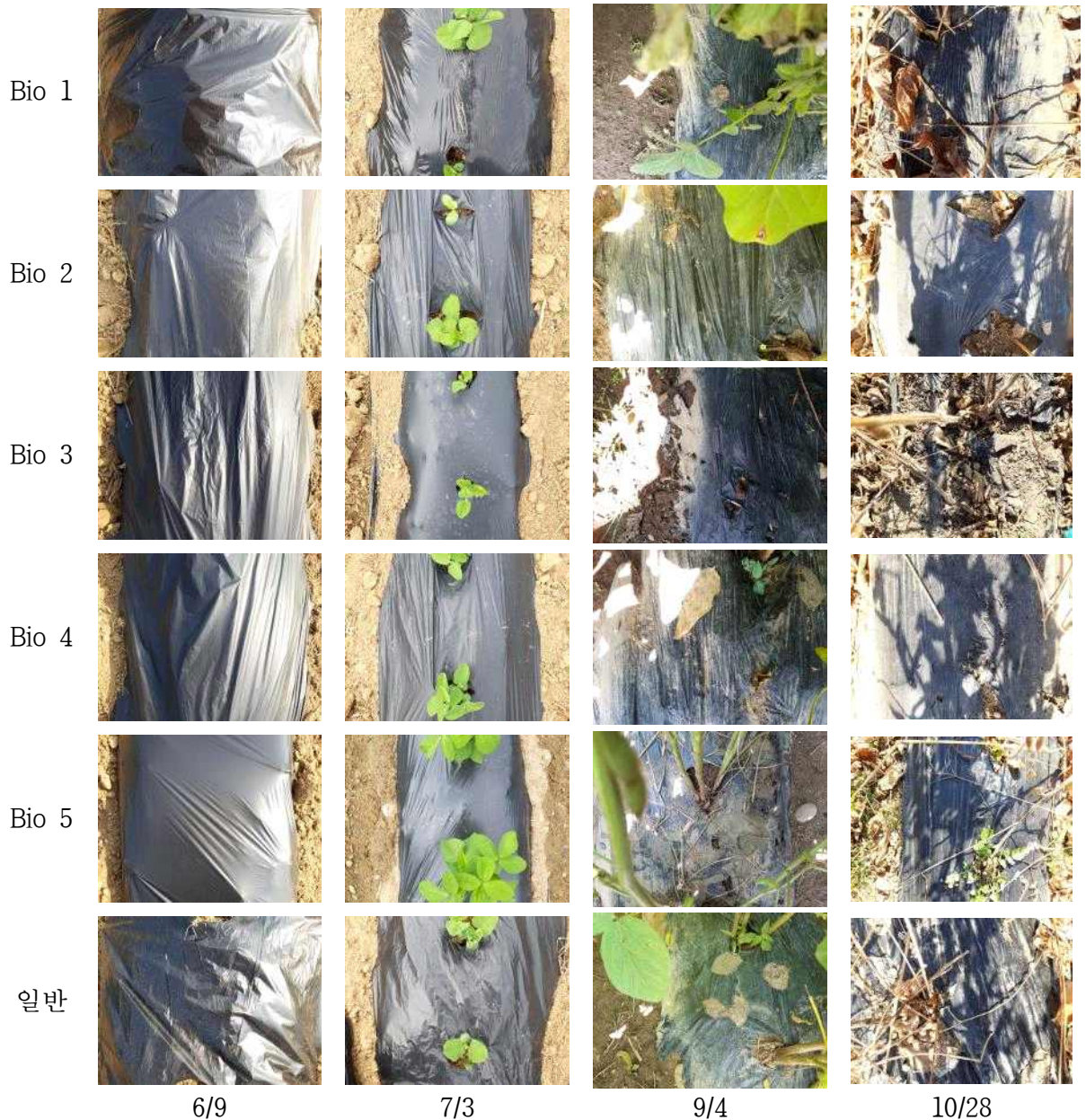


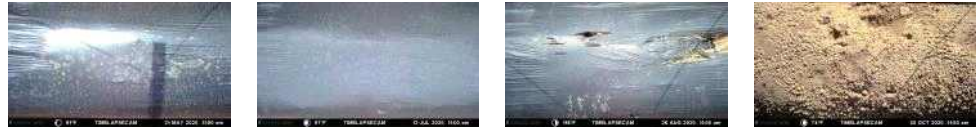
그림 46. 콩 재배기간 중 멀칭필름 분해양상

상기 9작목에 실증재배시험에 사용한 12가지 필름을 같은 밭에 멀칭하고 나지 상태에서의 분해양상을 멀칭시기부터 카메라로 6개월간 1회/일 연속 촬영한 결과(그림 47) Bio 5제품과 5-1, 5-2는 선형 붕괴가 이루어져 조기에 멀칭기능이 상실되었으며, Bio 2를 제외한 3개사의 0.015mm 4개월째 분해가 진행하면서 6개월이 경과되었을 때 대부분 분해가 진행되었다. 0.018mm이상 두께의 제품은 5개월 경과 시까지 멀칭형태를 유지하는 것을 관찰하였다.

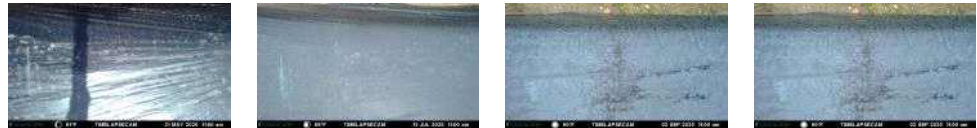
Bio 1_0.012



Bio 2_0.015



Bio 2_0.018



Bio 3_0.015



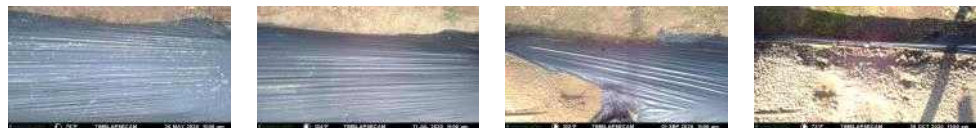
Bio 3_0.018



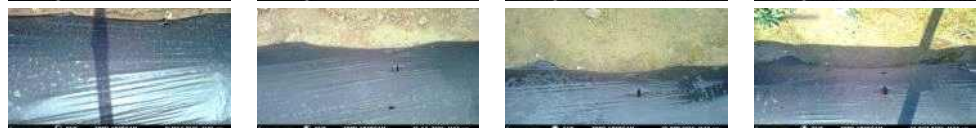
Bio 3_0.020



Bio 4_0.015



Bio 4_0.018



Bio 5_0.015



Bio 5_0.018



Bio 5_0.020



일반_0.015



1개월

3개월

4개월

6개월

그림 47. 재배 실증시험에 사용한 필름의 분해양상

2 절. 생분해성 멀칭필름 농가 만족도 조사

생분해성 멀칭필름의 확대보급을 위한 개선방향과 정책제안을 위한 자료로 활용하기 위해 조사기관에 위탁하여 생분해성 멀칭필름에 대한 농가의 인식과 사용농가의 만족도 등을 115 농가를 대상으로 설문조사를 진행하였다.

1. 설문 응답 농가 현황

1) [설문문항 3-1] 경작지의 위치는 어느 지역입니까?

생분해성 멀칭필름 사용 경험이 있는 농가의 지역별 분포 현황은 강원도가 63.5%로 가장 많았고, 충청북도와 경상북도 7.8%, 경기도와 전라북도 7.0% 순이었다. 강원도 분포가 높은 것은 제공받은 설문 조사 대상자의 연락처에 강원도 비율이 높았기 때문이다.

표 68. 경작지 분포

지역	조사 농가 수	비중(%)
경기도	8	7.0
강원도	73	63.5
충청북도	9	7.8
충청남도	1	0.9
경상북도	9	7.8
경상남도	3	2.6
전라북도	8	7.0
전라남도	3	2.6
제주도	1	0.9
합계	115	100.0

2) [설문문항 3-2] 귀하의 연령대는 어떻게 되십니까?

생분해성 멀칭필름 사용 경험이 있는 농가의 연령대는 60대가 45.2%로 가장 많았고, 50대 28.7%, 40대 14.8% 순으로 조사되었다.

표 69. 연령별 분포

연령 분포	조사 농가 수	비중(%)
30대 이하	0	0.0
40대	17	14.8
50대	33	28.7
60대	52	45.2
70대	13	11.3
합계	115	100.0

3) [설문문항 3-3] 생분해성 멀칭필름을 사용하여 재배하는 주 작물 및 면적은 어떻게 되십니까?

생분해성 멀칭필름 사용 경험이 있는 농가의 재배 작물 종류는 16개로 조사되었고, 그 중 옥수수가 37.5%로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 고추 17.4%, 콩 14.7% 순으로 조사되었다(표 70). 옥수수의 비중이 높은 것은 설문 대상자의 강원도 비율이 높아서 나타난 현상으로 보인다. 생분해성 멀칭필름은 노지에서 96.4%가 사용되었으며, 시설재배지에서 3.6%가 사용된 것으로 나타나, 대부분 노지에서 사용된 것으로 조사되었다(표 71).

생분해성 멀칭필름 사용 경험이 있는 농가의 재배 면적은 2,000평 이하가 37.6%로 가장 많았으며, 2,000평 이상 4,000평 미만 23.2%, 4,000평 이상 6,000평 미만 14.3% 순이었다(표 72).

표 70. 재배 작물 현황

작물명	조사 농가 수	비중(%)
감자	1	0.9
고구마	9	8.3
고추	19	17.4
마늘	3	2.8
배추	4	3.7
수박	1	0.9
수수	3	2.8
양배추	2	1.8
양파	3	2.8
열무	1	0.9
옥수수	41	37.6
울무	3	2.8
차조기	1	0.9
콩	16	14.7
퀴노아	1	0.9
토마토	1	0.9
합계	109	100.0

※ 잡곡으로 응답자 2명, 무응답 4명은 제외하고 통계 처리함.

표 71. 경작지 형태

경작지 형태	조사 농가 수	비중(%)
노지	108	96.4
시설	4	3.6
합계	112	100.0

※ 무응답 3명 제외하고 통계 처리함.

표 72. 작물 재배 면적

재배 면적	조사 농가 수	비중(%)
2,000평 미만	42	37.5
2,000평 이상 4,000평 미만	26	23.2
4,000평 이상 6,000평 미만	16	14.3
6,000평 이상 8,000평 미만	10	8.9
8,000평 이상 10,000평 미만	5	4.5
10,000평 이상	13	11.6
합계	112	100.0

※ 무응답 3명은 제외하고 통계 처리함.

4) [설문문항 3-4] 귀하의 대상 경작지는 유기농 인증을 받았습니까?

생분해성 멀칭필름 사용 경험이 있는 농가의 대상 경작지는 친환경·저농약 등 유기농 관련 인증을 받은 곳이 28.7%, 인증을 받지 않는 곳이 71.3%였다.

표 73. 유기농 인증 현황

유기농 인증 여부	조사 농가 수	비중(%)
인증	33	28.7
미인증	82	71.3
합계	115	100.0

5) [설문문항 3-5] 생분해성 멀칭필름이 유기농 농자재에 목록고시가 필요하다고 생각하십니까?

생분해성 멀칭필름 사용 경험이 있는 농가 중 “생분해성 멀칭필름의 유기농 농자재 목록고시가 필요한가?”에 대한 설문 응답으로 「필요」가 41.7%, 「불필요」가 58.3%로 나타났다.

표 74. 생분해성 멀칭필름의 유기농 농자재 목록고시 필요성

유기농 농자재 목록고시 필요성	조사 농가 수	비중(%)
필요	48	41.7
불필요	67	58.3
합계	115	100.0

6) [설문문항 1-2] 사용하신 적이 있다면 어느 회사의 제품을 사용하셨습니까?

사용한 생분해성 멀칭필름의 제조 회사를 조사한 결과, 사용한 회사의 이름을 모르는 경우가 63.5%로 가장 많았으며, 일신화학공업 18.3%, 에코한성 7.8%, 세진바이오 6.1% 순으로 조사되어 사용한 제품의 회사명을 모르는 비중이 매우 높은 것으로 나타났다.

사용한 제품의 회사명을 모르는 경우가 많은 것은 생분해성 멀칭필름에 대한 농가의 인지도가 낮아서 나타난 현상인 것으로 보인다. 이는 농가에서 생분해성 멀칭필름 구매

시 주로 지자체 및 관계기관의 권유로 사용하거나 또는 보조사업에 의한 공동구매 형태로 구입하여 사용하기 때문에 농가에서 제조 회사를 파악하지 못하는 것으로 추정된다.

표 77에서 생분해성 멀칭필름을 인지하게 된 경로에 대한 질문에 「지자체 등 관계기관의 권유」로 라고 답한 농가 64명에 대하여 사용한 제품의 제조 회사를 조사한 결과는 표 73과 같다. 사용한 제품의 제조 회사를 모르는 농가 비중은 전체 농가 115명 중에서 63.5%이었고, 「지자체 등 관계기관의 권유」로 라고 답한 농가 64명 중에서 70.3%로 조사되었다. 「지자체 등 관계기관의 권유」로 답한 농가 중에서 제조회사를 모르는 비중이 약간 더 높기는 하지만, 이들이 사용한 제품의 제조 회사를 특별히 더 모른다고 단정하기는 어려웠다.

본 설문문의 특성상 상기 제조 회사의 비율이 판매비율을 의미하지 않으나, 생분해성 멀칭필름 제조 회사 관계자가 밝힌 시장점유율과 유사한 것으로 조사되었다. 따라서 본 설문 조사는 특정 제조 회사의 제품에 대한 만족도 조사가 아니라 생분해성 멀칭필름 전반에 대한 만족도 조사가 된 것으로 판단된다.

표 75. 사용한 생분해성 멀칭필름의 제조 회사 현황

회사명	T		a	
	농가 수	비중(%)	농가 수	비중(%)
제조사 모름	73	63.5	45	70.3
일산화학공업	21	18.3	11	17.2
에코한성	9	7.8	3	4.7
세진바이오	7	6.1	3	4.7
팜한농	2	1.7	1	1.6
가딘	2	1.7	1	1.6
원앤원	1	0.9	0	0.0
합계	115	100.0	64	100.0

※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준

※ a: [표 77]에서 「지자체 등 관계기관의 권유」로 응답한 농가 기준

2. 생분해성 멀칭필름 사용 경험 농가의 사용 현황

생분해성 멀칭필름의 사용 경험이 있는 115명을 대상으로 일반 관행 멀칭필름의 폐비닐 처리방법, 생분해성 멀칭필름을 인지하게 된 경로, 사용하게 된 이유, 현재 사용 여부, 현재 사용하지 않는 이유, 재사용 정도, 구입 시 가격보조 현황을 조사하였다.

생분해성 멀칭필름 사용 기간에 대한 설문에서, 1 작기라고 응답한 비중이 54.8%로 조사되었다(표 81). 해당 농가 중에는 작기가 진행 중이어서 제품 만족도에 대한 응답이 부정확하게 반영될 수도 있을 것이라 판단하여 2 작기 이상 사용한 농가와 전체 농가를 비교하였다. 또한, 생분해성 멀칭필름 구입 시 가격 보조 여부에 따라 응답 결과가 달라질 수 있다고 판단하여 표 82의 50% 이상 가격 보조를 받은 농가 그리고 가격 보조를 받지 않은 농가와도 비교하여 조사하였다.

생분해성 멀칭필름 사용 경험이 있는 전체 농가의 수는 115명, 2 작기 이상 사용한 농가의 수는 52명, 50% 이상 가격 보조를 받은 농가의 수는 92명, 가격 보조를 받지 않은 농가의 수

는 19명으로 조사되었다. 가격 보조를 받지 않은 농가 수 19명은 표본 수가 너무 적어 오차가 클 수 있다는 점을 고려하여 평가하여야 한다.

1) [설문문항: 2-1] 귀하는 일반 관행 멀칭필름을 사용하고 난 후, 폐비닐 처리는 어떻게 하셨습니다가?

전체 농가에서, 일반 관행 멀칭필름의 사용 후 폐비닐 처리는 「공동 집하장으로 운반 처리」가 85.2%로 가장 많았으며, 「전문 폐비닐 수거업체 위탁 처리」 하는 경우가 9.6%, 「밭에 그대로 방치」 및 「기타」가 각각 2.6% 순으로 조사되었다. 「기타」로 응답하였으나 부녀회, 친환경 단체, 새마을회 등을 통해 위탁 처리한 경우는 「전문 폐비닐 수거업체 위탁 처리」 항목으로 통계처리 하였다. 「기타」 응답으로는 소각, 일반 쓰레기와 같이 처리, 별도 보관 등이 있었다.

일반 관행 멀칭필름 사용 후 폐비닐 처리 방법에 대한 비교에서, 전체 농가와 2 작기 이상 사용한 농가 그리고 50% 이상 가격 보조를 받은 농가 간의 큰 차이가 없었다. 다만, 가격 보조를 받지 않은 농가에서 「전문 폐비닐 수거업체 위탁 처리」 비중이 다소 높게 나타났다.

표 76. 일반 관행 멀칭필름 사용 후 폐비닐 처리 현황

처리 현황	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
밭에 그대로 방치	3	2.6	2	3.8	2	2.2	0	0.0
공동 집하장으로 운반하여 처리	98	85.2	45	86.5	81	88.0	14	73.7
전문 폐비닐 수거업체 위탁처리	11	9.6	4	7.7	7	7.6	4	21.1
기타	3	2.6	1	1.9	2	2.2	1	5.3
합계	115	100.0	52	100.0	92	100.0	19	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

2) [설문문항: 1-3] 생분해성 멀칭필름을 처음 아시게 된 계기는 무엇입니까?

전체 농가에서, 생분해성 멀칭필름을 처음 접하게 된 계기는 「지자체 등 관계 기관 권유」로 알게 된 것이 55.7%로 가장 많았으며, 「지인 또는 이웃 사용자의 소개」 20.0%, 「제조회사의 권유」 11.3%, 「인터넷 및 마스크 등 소개 자료」 11.3%, 「기타」 1.7% 순으로 조사되었고, 「기타」 응답으로 “원래 알고 있었다.” 등이 있었다.

생분해성 멀칭필름을 처음 인지하게 된 경로에 대한 비교에서, 전체 농가와 2 작기 이상 사용한 농가 그리고 50% 이상 가격 보조를 받은 농가 간의 큰 차이가 없었다. 다만, 가격 보조를 받지 않은 농가에서 「지자체 등 관계 기관 권유」로 구매한 비중이 다소 낮고 「제조회사의 권유」 또는 「지인 또는 이웃 사용자의 소개」로 구매한 비중이 다소 높게 조사되었다.

표 77. 생분해성 멀칭필름을 처음 인지하게 된 경로

인지 경로	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
지자체 등 관계기관의 권유	64	55.7	29	55.8	53	57.6	8	42.1
제조회사의 권유	13	11.3	6	11.5	8	8.7	5	26.3
인터넷 및 매스컴 등의 소개자료	13	11.3	7	13.5	11	12.0	1	5.3
지인 또는 이웃 사용자의 소개	23	20.0	9	17.3	18	19.6	5	26.3
기타	2	1.7	1	1.9	2	2.2	0	0.0
합계	115	100.0	52	100.0	92	100.0	19	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

3) [설문문항: 1-4] 일반 멀칭필름 대비 가격이 높은 생분해성 멀칭필름을 사용하신 이유는 무엇입니까?

전체 농가를 대상으로 “일반 멀칭필름 대비 가격이 높은 생분해성 멀칭필름을 사용하신 이유는 무엇입니까?” 라는 질문에 대하여 「폐비닐 수거 및 폐기 관련 노동력 및 시간 절감 요인」이 73.9%로 가장 많았으며, 그 다음으로는 「토양 잔류비닐 감소 등 친환경적인 요인」이 14.8%였고, 「기타」로는 지인의 추천이나 권유로 사용하게 되었다는 응답이 있었다. 생분해성 멀칭필름 사용 농가는 대부분 「토양 잔류 비닐 감소 등 친환경적인 요인」 보다는 「폐비닐 수거 및 폐기 관련 노동력 및 시간 절감 요인」을 기대하며 사용하였던 것으로 확인되었다.

생분해성 멀칭필름을 사용하는 이유에 대한 비교에서, 전체농가와 2 작기 이상 사용한 농가 그리고 50% 이상 가격 보조를 받은 농가 간의 큰 차이가 없었다. 다만, 가격 보조를 받지 않은 농가에서 「토양 잔류비닐 감소 등 친환경적인 요인」으로 구매한 비중이 높게 나타나 친환경적인 처리에 대한 관심이 다른 비교 대상에 비해 다소 높은 것으로 나타났다.

표 78. 생분해성 멀칭필름을 사용했던 이유

사용 이유	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
친환경적인 요인	17	14.8	8	15.4	10	10.9	5	26.3
노동력·시간 절감 요인	85	73.9	37	71.2	73	79.3	12	63.2
작물의 수확량, 품질 등의 차이	4	3.5	4	7.7	1	1.1	1	5.3
가격 보조로 인한 비용 절감	3	2.6	2	3.8	3	3.3	0	0.0
기타	6	5.2	1	1.9	5	5.4	1	5.3
합계	115	100.0	52	100.0	92	100.0	19	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

4) [설문문항: 1-5] 생분해성 멀칭필름을 현재 사용 중이십니까?

전체 농가 115명 중에서, 현재 생분해성 멀칭필름을 사용하고 있는 농가는 74.8%, 사용하지 않는 농가는 25.2%로 조사되었다. 2 작기 이상 사용한 농가 중에서, 현재 생분해성 멀칭필름을 사용하고 있는 농가는 86.5%, 사용하지 않는 농가는 13.5%로 나타나 2 작기 이상 사용한 농가의 현재 사용 비중이 전체 농가에 비하여 다소 높았다. 가격 보조를 50% 이상 받은 농가는 전체 농가와 비슷한 비중으로 사용 중이었으며, 가격 보조를 받지 않은 농가는 전체 농가에 비하여 현재 사용하고 있는 비중이 낮았다.

표 79. 현재 생분해성 멀칭필름 사용 여부

현재 사용 여부	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
예	86	74.8	45	86.5	71	77.2	12	63.2
아니오	29	25.2	7	13.5	21	22.8	7	36.8
합계	115	100.0	52	100.0	92	100.0	19	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

5) [설문문항: 1-6] 과거에 사용했다가 지금 사용하지 않는 이유는 무엇입니까?

전체 농가 중, 현재 미사용 농가 29명을 대상으로 “과거에 사용했다가 지금 사용하지 않는 이유는 무엇입니까?” 라는 질문에 「품질 측면」인 응답이 41.4%, 「가격 측면」인 응답이 34.5%, 「품질 및 가격 측면 모두」인 응답이 17.2%로 조사되었고, 「기타」 응답으로는 제품정보가 부족하다, 작기가 끝나서 등이 있었다.

전체 농가 중, 현재 생분해성 멀칭필름 사용하지 않는 이유에 대한 본 설문문의 응답으로 「품질 측면」이 「가격 측면」에 비해 다소 높게 조사되었지만, 표 82에서 생분해성 멀칭필름 구매 시 50% 이상의 가격 보조를 받은 농가가 80%로 조사된 결과와 비교하면, 대부분의 농가가 50% 이상의 가격 보조를 받았기 때문에 품질적인 측면이 다소 더 높게 나온 것으로 판단할 수 있다. 또는 여전히 가격적인 측면에서 만족하지 못하는 것으로도 판단할 수 있다. 2 작기 이상 사용한 농가 52명 중, 현재 사용하지 않는 농가 수는 7명으로 표본 수가 너무 적어 오차가 클 수 있지만, 해당 농가가 현재 사용하지 않는 이유는 「가격 측면」이 85.7%로 매우 높았고, 2 작기 이상 사용한 농가는 제품의 품질 및 가격적인 측면에서 상당 수준 만족하지만 가격적인 문제로 더 사용하지 않는 농가가 일부 존재함을 의미하는 것으로 판단된다.

50% 이상 가격 보조를 받은 농가 중, 현재 사용하지 않는 농가는 21명으로 품질 및 가격 측면에서 현재 사용하지 않는 이유가 전체 농가와 비슷한 경향으로 나타났고, 가격 보조를 받지 않은 농가 중, 현재 사용하지 않는 농가는 7명으로 표본 수가 너무 적어 오차가 클 수 있지만 현재 사용하지 않는 이유로 「품질 측면」이 전체 농가에 비해서 높게 조사되었다.

표 80. 현재 생분해성 멀칭필름을 사용하지 않는 이유

현재 미사용 이유	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
품질 측면	12	41.4	1	14.3	8	38.1	4	57.1
가격 측면	10	34.5	6	85.7	9	42.9	1	14.3
품질 및 가격 측면 모두	5	17.2	0	0	3	14.3	1	14.3
기타	2	6.9	0	0	1	4.8	1	14.3
합계	29	100.0	7	100.0	21	100.0	7	100.0

※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준

※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준

※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준

※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

6) [설문문항: 1-7] 사용하신 기간은 어느 정도입니까?

전체 조사농가에서, 생분해성 멀칭필름을 사용한 기간은 1 작기 사용한 농가가 54.8%로 가장 많았으며, 2~3 작기 27.8%, 4~5 작기 9.6%, 6 작기 이상이 7.8% 순으로 나타나 2 작기 이상 사용 농가 비중은 45.2%로 조사되었다.

50% 이상 가격 보조를 받은 농가에서, 1 작기 사용한 농가는 52.2%, 2 작기 이상 사용한 농가는 47.5%로 조사되어 전체 농가와 유사한 경향을 보였다. 가격 보조를 받지 않은 농가는 2 작기 이상 사용 비중은 21.1%로 현저히 낮은 것으로 조사되었지만 사용 중인 농가는 모두 6 작기 이상 사용한 농가로 그 비중이 전체 농가 또는 50% 이상 가격 보조를 받은 농가에 비하여 높게 나타났다.

표 81. 생분해성 멀칭필름을 사용 기간

사용 기간	T		b		c	
	명	%	명	%	명	%
1 작기	63	54.8	48	52.2	15	78.9
2~3 작기	32	27.8	30	32.6	0	0.0
4~5 작기	11	9.6	9	9.8	0	0.0
6 작기 이상	9	7.8	5	5.4	4	21.1
합계	115	100.0	92	100.0	19	100.0

※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준

※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준

※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

7) [설문문항: 1-8] 그 동안 생분해성 멀칭필름 구매 시 몇 %의 가격 보조를 받으셨나요?

전체 농가에서, 생분해성 멀칭필름을 구매 시 가격 보조 비율은 50% 이상 보조를 받은 농가가 80.0%로 조사되었으며, 가격 보조 없이 구매하였던 농가도 16.5%나 되었다.

2 작기 이상 사용한 농가에서, 50% 이상 가격 보조를 받은 농가가 84.6%로 나타나 생분해성 멀칭필름 구매 시 대부분의 농가가 50% 이상의 가격 보조를 받은 것으로 조사되었다.

표 82. 생분해성 멀칭필름 구입 시 가격 보조 비율

가격 보조 비율	T		a	
	명	%	명	%
0%	19	16.5	4	7.7
20%	0	0.0	0	0.0
30%	2	1.7	2	3.8
40%	2	1.7	2	3.8
50% 이상	92	80.0	44	84.6
합계	115	100.0	52	100.0

※ 설문지 응답 항목은 50%까지이나, 50% 이상으로 라는 응답이 있어 이를 50% 이상으로 하여 통계 처리함

※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준

※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준

3. 생분해성 멀칭필름 제품의 품질 및 가격적 측면에 대한 제품 만족도

생분해성 멀칭필름의 사용 경험이 있는 115명을 대상으로 제품의 만족도 및 불만족 사유, 품질 개선 사항 및 가격 보조 정도 등을 조사하여 전체 농가와 2 작기 이상 사용한 농가 50% 이상 보조를 받은 농가 및 보조를 받지 않은 농가를 비교하여 평가하였다.

1) [설문문항: 2-2] 생분해성 멀칭필름의 전반적인 측면에서 제품의 만족도는 어느 정도입니까?

전체 농가에서 생분해성 멀칭필름에 대한 전반적 측면에서 만족도를 조사한 결과, 「만족」이 29.6%로 가장 많았으며, 「보통」 25.2%, 「불만족」 23.5%, 「매우 만족」 16.5%, 「매우 불만족」 5.2% 순이었고, 전체 농가에서, 제품 만족도 「보통」 이상은 71.3%으로 조사되었다. 「매우 만족」과 「만족」 합계가 46.1%로 「매우 불만족」과 「불만족」 합계 28.7%에 비하여 1.6배 높은 것으로 나타나, 대체적으로 만족하는 비율이 높은 것으로 나타났다.

2 작기 이상 사용한 농가에서, 제품 만족도 「보통」 이상이 75.0%로 나타났다. 「매우 만족」과 「만족」 합계가 51.9%로 「매우 불만족」과 「불만족」 합계 25.0%에 비하여 2.1배 높은 것으로 조사되어, 전체 농가 대비 다소 높은 제품 만족도를 나타냈다. 이 결과는 [표 82]에서 조사된 바와 같이 조사 농가의 80%가 50% 이상의 가격 보조를 받고 있는 상황에서 조사된 결과로서 가격 보조를 받지 않은 농가와 가격보조를 받은 농가를 구분하여 제품에 대한 만족도 및 불만족 이유를 조사할 필요가 있었다.

50% 이상 가격 보조를 받은 농가에서, 제품 만족도 「보통」 이상이 73.9%로 나타났고, 「매우 만족」과 「만족」 합계가 46.7%로 「매우 불만족」과 「불만족」 합계 26.1%에 비하여 1.8배 높은 것으로 조사되어, 전체 농가와 비슷한 수준의 제품 만족도를 보였다. 이는 전체 농가 중 80%에 해당되는 대부분의 농가가 가격 보조를 받았기 때문에 비슷한 결과가 나타난 것으로 보인다.

가격 보조를 받지 않은 농가에서, 제품 만족도 「보통」 이상이 57.9%으로 조사되었다. 「매우 만족」과 「만족」 합계는 42.1%로 「매우 불만족」과 「불만족」 합계 42.1%와 비슷하여 전체 농가 대비 제품 만족도가 낮은 것으로 나타났다.

표 83. 생분해성 멀칭필름에 대한 전반적인 제품 만족도

만족도	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
매우 만족	19	16.5	9	17.3	17	18.5	1	5.3
만족	34	29.6	18	34.6	26	28.3	7	36.8
보통	29	25.2	12	23.1	25	27.2	3	15.8
불만족	27	23.5	13	25.0	20	21.7	6	31.6
매우 불만족	6	5.2	0	0.0	4	4.3	2	10.5
합계	115	100.0	52	100.0	92	100.0	19	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

2) [설문문항: 2-3] 만족스럽지 못하다면 생분해성 멀칭필름의 어떤 측면이 불만족스러웠습니까?

전체 농가 중에서 표 83의 「보통」, 「불만족」 그리고 「매우 불만족」으로 응답한 농가 62명을 대상으로 생분해성 멀칭필름의 불만족 이유에 대한 조사를 실시하였다. 불만족한 이유로는 「품질 측면」이 37.1%로 가장 많았으며, 「가격 측면」 32.3%, 「품질 및 가격 측면 모두」가 30.6% 순으로 조사되어 「가격 측면」 보다는 「품질 측면」에 대한 불만족 의견이 약간 더 많았으나 큰 차이가 나지 않은 것으로 나타났다.

2 작기 이상 사용한 농가의 제품 불만족 이유는 「가격 측면」이 44.0%로 「품질 측면」 16.0%에 비해서 2.8배 높은 것으로 조사되었는데, 이는 1 작기 사용 농가 중 일부는 작기 중이라 아직 품질에 대한 검정을 마치지 못해서 나타난 것일 수도 있고, 품질에 어느 정도 만족한 농가가 2 작기 이상 사용하고 있기 때문에 제품의 「가격 측면」이 「품질 측면」 보다 더 부각되었다고 판단할 수도 있다.

50% 이상 가격 보조를 받은 농가의 불만족 이유는 「가격 측면」이 32.7%로 「품질 측면」 34.7%에 비해서 0.9배 높은 것으로 나타나 전체 농가와 유사한 경향으로 조사되었다. 반면, 가격 보조를 받지 않은 농가의 제품 불만족 이유로 「품질 측면」이 「가격 측면」에 비해서 2.0배 높았다. 가격 보조 없이 사용한 농가의 품질에 대한 기대 수준이 전체 농가 보다 높아서 나타난 결과로 보인다.

표 84. 생분해성 멀칭필름에 대한 전반적인 불만족 이유

전반적인 불만족 이유	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
품질 측면	23	37.1	4	16.0	17	34.7	6	54.5
가격 측면	20	32.3	11	44.0	16	32.7	3	27.3
품질 및 가격 측면 모두	19	30.6	10	40.0	16	32.7	2	18.2
기타	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
합계	62	100.0	25	100.0	49	100.0	11	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

3) [설문문항: 2-4] 생분해성 멀칭필름의 품질 측면에서 불만족이신 가장 큰 이유는 무엇입니까?

전체 농가에서 품질 측면에서의 불만족 원인을 조사하기 위해 표 84에서 제품 불만족 이유로 「품질 측면」과 「품질 및 가격 측면 모두」로 응답한 농가 42명을 대상으로 설문 조사를 실시하였다. 품질 관련 불만족한 이유로 「분해 성능」이 64.3%로 가장 많았으며 「강도 및 내구성」 26.2%, 「보관문제」 7.1% 순이었다. 「기타」 응답으로 “멀칭 토양 내 수분 보관 능력 저하”가 있었다. 품질 관련하여 가장 불만족스러운 이유인 「분해 성능」이 「강도 및 내구성」에 비하여 2.5배 많은 것으로 조사되었다.

2 작기 이상 사용한 농가에서는 품질 관련하여 불만족 이유인 「분해 성능」이 「강도 및 내구성」에 비하여 6.0배 많은 것으로 조사되어 전체 농가와 큰 차이를 보였다. 이는 표본 수가 너무 적어 오차가 클 수 있지만, 사용 경험이 많은 농가가 「분해 성능」에 대하여 더 불만족 한다고 판단할 수 있었다.

50% 이상 보조 받은 농가에서는 품질 관련하여 불만족 이유인 「분해 성능」이 「강도 및 내구성」에 비하여 2.8배 많은 것으로 조사되어 전체 농가와 유사한 경향을 나타내었다. 반면, 가격 보조를 받지 않은 농가에서는 표본 수가 너무 적어 오차가 클 수 있지만, 품질 관련하여 불만족 이유인 「분해 성능」이 「강도 및 내구성」에 비하여 1.3배 많은 것으로나 전체 농가와 같이 「분해 성능」에 대한 불만이 가장 큰 이유이지만 전체 농가에 비하여 그 정도가 다소 낮은 것으로 조사되었다.

표 85. 품질 측면에서 불만족인 가장 큰 이유

불만족 원인	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
강도 및 내구성	11	26.2	2	14.3	8	24.2	3	37.5
분해 성능	27	64.3	12	85.7	22	66.7	4	50.0
현장 사용방법 및 주의사항	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
보관 중의 분해, 재고 보관 문제	3	7.1	0	0.0	3	9.1	0	0.0
기타	1	2.4	0	0.0	0	0.0	1	12.5
합계	42	100.0	14	100.0	33	100.0	8	100.0

※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준

※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준

※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준

※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

4) [설문문항: 2-5] 생분해성 멀칭필름의 분해속도는 어느 정도가 적당하다고 생각하십니까?

생분해성 멀칭필름의 분해속도가 어느 정도가 적당하지에 대한 질문에 대한 전체 농가의 응답으로 「피복 후 6개월까지 멀칭형태가 유지」가 36.5%로 가장 많았으며, 3개월 32.2%, 4개월 20.0% 순으로 조사되었다.

전체 농가와 2 작기 이상 사용 농가, 그리고 50% 이상 가격 보조를 받은 농가가 희망하는 분해속도 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 다만, 가격 보조를 받지 않은 농가의 경우 좀 더 긴 기간 멀칭형태를 유지하길 원하고 있었는데, 이러한 차이는 비교 대상의 차이가 아니라 해당 개별 농가의 재배 작물의 차이로 판단된다. 즉, 1 작기에 소요되는 작물의 생육기간이 작물에 따라 달라서 선호하는 분해속도가 다를 것으로 판단된다.

표 86. 생분해성 멀칭필름의 희망 분해속도

분해속도	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
피복 후 3개월까지 형태 유지	37	32.2	18	34.6	30	32.6	6	31.6
피복 후 4개월까지 형태 유지	23	20.0	12	23.1	23	25.0	0	0.0
피복 후 5개월까지 형태 유지	12	10.4	5	9.6	5	5.4	6	31.6
피복 후 6개월까지 형태 유지	42	36.5	17	32.7	33	35.9	7	36.8
피복 후 12개월까지 형태 유지	1	0.9	0	0.0	1	1.1	0	0.0
합계	115	100.0	52	100.0	92	100.0	19	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

5) [설문문항: 2-6] 위의 불만족 사항인 품질을 개선한다면 가격 보조 없이도 구매할 의향이 있으십니까?

표 84에서 제품 불만족 이유로 「품질 측면」과 「품질 및 가격 측면 모두」로 응답한 농가 42명을 대상으로 품질을 개선하면 가격 보조 없이 구매할 의향이 있는지 여부를 조사하였다. 이에 대한 응답으로 「아니오」가 73.8%로, 「네」가 26.2%로 나타났다.

2 작기 이상 사용한 농가에서는 「아니오」가 92.9%, 50% 이상 보조를 받은 농가에서는 84.8%로 나타나 품질이 개선되어도 가격 보조 없이는 구매 의사가 없는 것으로 조사되었다. 가격 보조 없이 구매한 농가에서는 품질이 개선된다면 가격 보조 없이 구매하겠다는 비율이 75.0%로 조사되어 다른 비교 대상과 달리 구매 의향이 상당히 높은 것으로 나타났다.

그러나 이들 농가의 비중은 전체 사용 농가 대비 5.2% (전체 115명 중 6명) 수준이었다. 따라서 대부분의 농가는 품질 개선을 하여도 가격 보조 없이는 생분해성 멀칭필름을 구매할 의향이 없는 것으로 조사되었다.

표 87. 품질 개선 시 가격 보조 없이 구매 의향

구매 의향	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
네	11	26.2	1	7.1	5	15.2	6	75.0
아니오	31	73.8	13	92.9	28	84.8	2	25.0
합계	42	100.0	14	100.0	33	100.0	8	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

6) [설문문항: 2-7] 가격보조를 원한다면 어느 정도의 보조가 적당하다고 생각하십니까?

전체 농가에서, 생분해성 멀칭필름 구매 시 가격 보조를 어느 정도 원하는지에 대한 설문에서 농가 115명의 응답은 「관행 멀칭필름과의 가격차액 전부」가 48.8%로 가장

많았으며, 가격 보조 「50%」가 47.8%, 「30%」 및 「40%」가 각각 1.7% 순으로 조사되었다. 2 작기 이상 사용 농가와 50% 이상 가격 보조를 받은 농가는 전체 농가와 유사한 결과로 조사되었으며, 가격 보조를 받지 않은 농가는 「관행 멀칭필름과의 가격차액 전부」가 다소 낮았다.

표 88. 생분해성 멀칭필름 구매 시 희망하는 가격 보조 비율

가격 보조 비율	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
20%	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
30%	2	1.7	1	1.9	1	1.1	1	5.3
40%	2	1.7	1	1.9	0	0.0	1	5.3
50%	55	47.8	24	46.2	43	46.7	10	52.6
관행 멀칭필름과 가격 차액 전부	56	48.7	26	50.0	48	52.2	7	36.8
합계	115	100.0	52	100.0	92	100.0	19	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

7) [설문문항: 2-8] 상기 가격 보조가 되고 제품의 성능 개선이 된다면 제품을 구매할 의향이 있으십니까?

표 84에서 생분해성 멀칭필름의 불만족 이유로 「품질 및 가격 측면 모두」로 응답한 총 농가 19명을 대상으로 품질 개선 및 가격 보조가 된다면 구매하겠냐는 질문에 비교 대상과 상관없이 모두 「네」가 100%로 나타났다.

표 89. 가격 보조 및 품질 개선 시 구매 의향

구매 의향	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
네	19	100.0	10	100.0	16	100.0	2	100.0
아니오	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
합계	19	100.0	10	100.0	16	100.0	2	100.0

- ※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준
- ※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준
- ※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준
- ※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

8) [설문문항: 2-9] 구매 의사가 없으시다면 그 이유는 무엇인가요?

상기 표 89에 조사된 바와 같이 표 84에서 생분해성 멀칭필름의 불만족 이유로 「품질 및 가격 측면 모두」로 응답한 총 농가 19명 모두 구매하겠다고 응답하여 이 질문에 해당하는 응답자는 없었다.

9) [설문문항: 2-10] 일반 멀칭필름에 대비하여 어느 정도 가격이면 가격 보조 없이 구매하시겠습니까?

전체 농가에서 가격 보조 없이 구매할 수 있는 생분해성 멀칭필름의 가격을 묻는 설문 문에 관해 멀칭필름 대비 「1.5배」 수준이 45.2%로 가장 많았으며, 「1.0배」 40.9%, 「2.0배」 13.9% 순으로 나타났다. 2 작기 이상 사용 농가와 50% 이상 보조 받은 농가는 전체 농가와 유사한 결과를 나타내었으며, 보조를 받지 않은 농가에서는 「1.5배」가 63.2%로 조사되어 다소 높게 나타났다.

조사된 모든 농가에서 일반 관행 필름 대비 「2.0배」를 초과하는 가격에서는 구매할 의사가 없는 것으로 조사되었다.

표 90. 가격 보조 없이 구매 가능한 생분해성 멀칭필름 가격

가격	T		a		b		c	
	명	%	명	%	명	%	명	%
1.0배(관행 멀칭필름과 동일가격)	47	40.9	18	34.6	40	43.5	6	31.6
1.5배	52	45.2	23	44.2	37	40.2	12	63.2
2.0배	16	13.9	11	21.2	15	16.3	1	5.3
2.5배	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
3.0배	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
합계	115	100.0	52	100.0	92	100.0	19	100.0

※ T: 사용경험이 있는 전체 농가 기준

※ a: [표 81]에서 2 작기 이상 사용한 농가 기준

※ b: [표 82]에서 50% 이상 가격 보조를 받아 사용한 농가 기준

※ c: [표 82]에서 가격 보조를 받지 않고 사용한 농가 기준

4. 조사 총평

1) 생분해성 멀칭필름 사용 경험 농가의 사용 현황

전체 농가, 2 작기 이상 사용한 농가 그리고 50% 이상 가격 보조를 받은 농가는 ① 일반 관행 멀칭필름 사용 후 폐비닐 처리 방법에서에 관한 설문에서 「공동 집하장으로 운반 처리」가 85%~88%로, ② 생분해성 멀칭필름을 처음 인지하게 된 경로에 관한 설문에서 「지자체 등 관계 기관 권유」가 56%~58%로, ③ 생분해성 멀칭필름을 사용하는 이유에 관한 설문에서 「폐비닐 수거 및 폐기 관련 노동력 및 시간 절감 요인」이 71%~79%로 가장 많은 응답항목으로 조사되었으며, 비교 대상 간의 큰 차이는 없었다. 다만, 가격 보조를 받지 않은 농가에서 가장 많은 응답항목은 동일하나 「전문 폐비닐 수거업체 위탁 처리」 비중이, 「제조사의 권유」로 구매한 비중이, 「토양 잔류비닐 감소 등 친환경적인 요인」 비중이 상대적으로 다소 높게 나타났다.

현재 사용 여부에 관한 설문에서, 전체 농가, 2 작기 이상 사용한 농가 그리고 50% 이상 가격 보조를 받은 농가는 75%~87%가 사용 중이라고 응답하였으나, 가격 보조를 받지 않은 농가는 약 63%가 사용 중이라고 응답하여 가장 낮은 것으로 조사되었다.

현재 미사용 농가를 대상으로 미사용 이유에 대한 설문에서, 2 작기 이상 사용 농가에

서는 약 86%가 「가격 측면」으로, 가격 보조를 받지 않은 농가에서는 「품질 측면」으로 응답하여 전체 농가와 50% 이상 보조 받은 농가의 응답과 차이를 보였다.

전체 농가와 50% 이상 가격 보조를 받은 농가의 약 48%는 2 작기 이상 사용 중인 것으로 조사되었다. 반면, 가격 보조를 받은 농가는 약 21%가 2 작기 이상 사용 중인 것으로 조사되어 재사용 비율이 낮게 조사되었지만, 2 작기 이상 사용 농가는 모두 6 작기 이상 사용 중인 것으로 나타났다. 생분해성 멀칭필름 구매 시 50% 이상 가격 보조를 받은 비중이 80%로 대부분의 농가가 가격 보조를 받고 구매한 것으로 조사되었다.

2) 생분해성 멀칭필름 사용 경험 농가의 제품 만족도

가. 생분해성 멀칭필름에 대한 전반적인 제품 만족도 및 불만족 이유

제품에 대한 전반적인 만족도 조사에서 「매우 만족」과 「만족」의 합계와 「매우 불만족」과 「불만족」의 합계의 비율을 비교하면, ① 전체 농가는 약 1.6배, ② 2 작기 이상 사용한 농가는 약 2.1배, ③ 50% 이상 가격 보조를 받은 농가는 약 1.8배, ④ 가격 보조를 받지 않은 농가는 약 1.0배로 조사되었다. 가격 보조를 받지 않은 농가를 제외하고 「매우 만족」과 「만족」의 합계와 「매우 불만족」과 「불만족」의 합계의 비율 1.6배 이상을 넘어 만족하는 비율이 더 높은 것으로 조사되었으며, 2 작기 이상 사용한 농가의 제품 만족도가 가장 높았으며, 가격 보조를 받지 않은 농가의 제품 만족도가 가장 낮았다.

제품에 대한 전반적인 불만족 이유 조사에서 「가격 측면」 대비 「품질 측면」의 비율을 비교하면, ① 전체 농가는 약 0.9배, ② 2 작기 이상 사용한 농가는 약 2.8배, ③ 50% 이상 가격 보조를 받은 농가는 약 0.9배, ④ 가격 보조를 받지 않은 농가는 0.5배로 조사되었다. 전체 농가와 50% 이상 보조를 받은 농가에서는 불만족 이유로 「가격 측면」과 「품질 측면」이 비슷하였고, 2 작기 이상 사용한 농가에서는 「가격 측면」이 더 큰 이유로 나타났으며, 가격 보조를 받지 않은 농가에서는 「품질 측면」이 더 큰 이유인 것으로 조사되었다.

나. 생분해성 멀칭필름의 품질 측면

제품에 대한 전반적인 불만족 이유 조사에서 모든 비교 대상에서 「분해 성능」과 「강도 및 내구성」의 합이 약 88% 이상으로 대부분을 차지하였으며, 「분해 성능」이 가장 큰 불만족 이유였다. 「분해 성능」 대비 「강도 및 내구성」의 비율을 비교하면, ① 전체 농가는 약 2.5배, ② 2 작기 이상 사용한 농가는 약 6.0배, ③ 50% 이상 가격 보조를 받은 농가는 약 2.8배, ④ 가격 보조를 받지 않은 농가는 1.3배로 조사되었다. 2 작기 이상 사용한 농가에서 「분해 성능」에 대한 불만족 비중이 특히 높았고 가격 보조를 받지 않은 농가에서는 「분해 성능」에 대한 불만족 비중이 상대적으로 낮고 「강도 및 내구성」에 불만족 비중이 높았다.

분해 속도에 대한 조사에서 대부분의 농가가 피복 후 3~6개월까지 멀칭 형태가 유지되는 것을 희망하였다. 3~6개월 사이 희망하는 기간은 비교 대상 내에 다소 차이가 있었으나 이는 대상 간의 차이보다는 농가가 재배하는 작물의 생육기간에 따라 달라지는 것으로 판단된다.

다. 생분해성 멀칭필름의 가격 및 가격 보조 비율

「품질 측면」과 「가격 및 품질 측면 모두」 불만족이라고 응답한 농가를 대상으로 「품질 측면」에서 불만족 사항을 개선한다면 가격 보조 없이 구매할 의향이 있느냐에 대한 설문에서 가격 보조를 받지 않은 농가를 제외한 모든 대상에서 74%~93% 비중으로 구매하지 않겠다고 응답하였다. 반대로 가격 보조를 받지 않은 농가에서는 75%가 구매하겠다고 하였으나 이는 전체 응답 농가 중 약 5%에 해당한다. 따라서, 대부분의 농가는 품질 개선을 하여도 가격 보조 없이 구매하기는 어려울 것으로 판단된다.

가격 보조 비율에 대한 설문 조사에서, 「관행 일반 멀칭필름과의 차액 전부」와 「50% 가격 보조」의 합은 가격 보조를 받지 않은 농가를 제외한 모든 대상에서 96%~99%로 조사되었고, 가격 보조를 받지 않은 농가에서는 약 90%로 조사되어 대부분의 농가가 50% 이상의 가격 보조를 희망하는 것으로 나타났다. 「가격 및 품질 측면 모두」 불만족이라고 응답한 농가를 대상으로 희망하는 품질 개선과 가격 보조가 된다면 구매할 의향이 있느냐라는 설문 조사에 100% 구매하겠다고 답하였다. 일반 관행 멀칭필름 대비 어느 정도 가격이면 가격 보조 없이 구매하겠느냐는 설문 조사에서 모든 농가가 2.0배를 초과하는 가격에는 구매할 의사가 없는 것으로 나타났다.

생분해성 멀칭필름의 현재 시중 가격이 일반 관행 멀칭필름의 약 3.5배 수준으로 알려져 있어 농가가 희망하는 가격과 상당한 차이를 보이는 것으로 나타나, 생분해성 멀칭필름의 시장 정착을 위해서는 일반 멀칭필름 대비 시중 판매가격의 1.5배 수준이 되도록 생분해성 멀칭필름의 가격을 인하하거나 또는 가격 보조가 있어야 할 것으로 판단된다.

2 장. 생분해성 멀칭필름의 품질특성 분석 및 규격 제안

1 절. 생분해성 멀칭필름 물리적 품질특성 분석

생분해 멀칭필름의 품질 규격화 제안을 위해 시중 유통되는 생분해필름 4종⁴⁾을 한국고분자 시험연구소(주)에 특성분석을 의뢰하였다. 시험에 사용한 생분해 필름은 TGA(Thermal Gravimetric Analyser), 지방족 폴리에스터 함량 분석법으로 필름 내 생분해성 수지의 유무와 함량을 확인 하였으며, 생분해성 멀칭필름의 물리적 품질특성 및 유해원소 함량 분석을 진행하였다.

1. TGA(Thermogravimetric Analyzer)를 이용한 시험

이 실험은 환경표지인증에서 성형제품의 열적특성과 성형에 사용된 생분해성 수지의 열적 특성을 비교하여 해당되는 수지를 사용했는지 입증하기 위한 방법 중에 하나이며, 전분이 함유된 지방족 폴리에스터(Aliphatic Polyester, AP)수지에 대하여 적용하였다.

가. 시험 방법

1) 시료는 생분해도 시험에 사용된 제품과 동일한 제품 또는 이 제품을 사용하여 제조한 성형 제품에서 채취하였다. 5개소 이상의 각 부분에서 5 ~10mg의 일정 크기로 채취하여 고르게 Packing한 후 질소분위기 하에서 105℃까지 승온한 다음 5분간 유지하여 시료 내의 수분을 제거한다.

2) 건조된 시료를 질소 분위기 하에서 10 °C/min의 승온 속도로 600℃까지 승온하여 열중량 곡선을 얻는다.

※ 전분이 함유된 지방족 폴리에스터 수지 전분함량 비율은 다음 식을 이용하여 소수 첫째자리까지 취한 후 반올림하여 상수자리로 계산한다.

$$\text{전분함량[무게분율(\%)]} = \frac{\text{전분분해량}}{\text{전체량} - \text{잔사량}} \times 100$$

이때, 전분 분해량은 열중량 곡선을 미분하여 얻은 미분곡선(derivative curve)의 전분의 초기분해 시작점과 지방족 폴리에스터의 분해가 시작되는 바탕선의 중간지점으로부터 계산하였다.

나. 시험조건

- ① 분석기기 : TA Instrument 사, TGA Q500
- ② 승온속도 : 10 °C/min
- ③ 온도범위 : RT ~ 600℃
- ④ 분위기 : N₂
- ⑤ Furnace : EGA

다. 시험 결과

TGA를 이용하여 생분해필름의 열안정성을 확인한 결과 표 91와 그림 48에서 보는 바와 같이 생분해4 > 생분해3 > 생분해2 > 생분해1 순으로 열적안정성은 생분해4가 가장

4) 생분해1(I社), 생분해2(S社), 생분해3(SB社), 생분해4(E社)

높았고, 생분해1, 2는 거의 유사한 결과를 확인 할 수 있었다. 생분해1은 열적안정성이 높지만 결과적으로 600°C까지 온도를 올렸을 때의 분해정도는 가장 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다.

표 91. TGA를 이용한 생분해필름의 열안정성

시료명	온도(°C)	승온속도	분위기	Weight loss at 600°C
생분해1	RT~600	10 °C/min	N ₂	79.4
생분해2				79.7
생분해3				82.3
생분해4				98.4

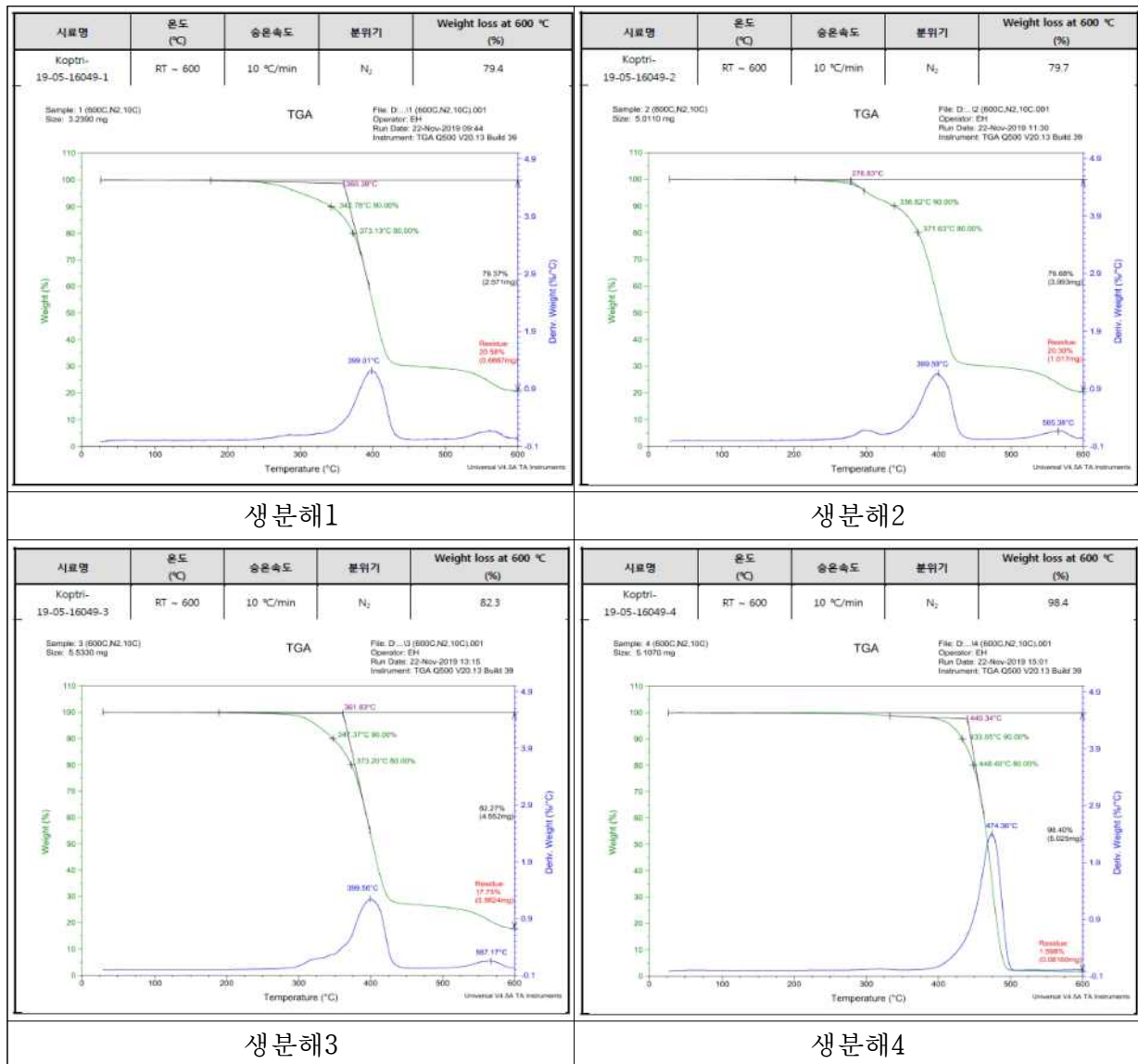


그림 48. TGA를 이용한 열안정성

2. 용출법(Extraction Method)을 이용한 지방족 폴리에스터 함량 분석

이 실험 또한 환경표지인증에서 성형제품의 열적특성과 성형에 사용된 생분해성 수지의 열적특성을 비교하여 해당되는 수지를 사용했는지 입증하기 위한 방법 중에 하나이며 이 방법은 전분이 함유된 지방족 폴리에스터(Aliphatic Polyester, AP)수지에 대하여 적용한다.

가. 시험 방법 및 조건

- 1) 시료는 생분해도 시험에 사용된 제품과 동일한 제품 또는 이 제품을 사용하여 제조한 성형 제품에서 채취한다. 채취한 시료를 0.5 cm × 0.5 cm 이하 또는 이와 동등한 크기로 자른 후 열풍식 건조기(적정 온도)에서 1시간 동안 건조한다.
- 2) 건조된 시료를 각 5 g씩 채취하여 정확히 질량을 달아 셀룰로오스 필터(추출용 thimble)에 넣고, 미리 질량을 잰 250 mL 넓적바닥 플라스크(W₁)에 클로로포름 200 mL를 넣은 다음 속슬렛 추출기 및 냉각기를 설치한다.
- 3) 수욕조의 온도를 80°C의 온도로 유지시키면서 24시간 동안 추출을 실시한다.
- 4) 24시간 추출한 후 넓적바닥 플라스크를 떼어 내어 내부의 용액 중의 클로로포름을 회전 농축증발기를 사용하여 증발시킨다.
- 5) 다시 증발된 플라스크 내용물을 열풍 건조기에서 105°C의 온도로 1시간 동안 건조시킨다.
- 6) 건조된 각 플라스크 질량(W₂)을 잰 뒤 내부의 내용물만의 질량(W₂ - W₁)을 계산하여 기록한다.
- 7) 지방족 폴리에스터(AP)의 함량은 다음 식으로 계산된다.

$$AP\text{함량}[\text{질량분율}(\%)] = \frac{W_2(g) - W_1(g)}{\text{원시료의질량}(g)} \times 100$$

여기서, W₁ : 미리 잰 250mL 넓적바닥 플라스크의 질량

W₂ : 건조된 각 플라스크 질량

용출법(Extraction Method)에 따른 지방족 폴리에스터의 함량 분석 결과는 환경표지인증기준[EL724:2016]부속서A의 A.2.2에 따라 Chloroform을 이용하여 지방족폴리에스터를 용출하는 시험으로 생분해3, 생분해4는 Chloroform에 용출이 어려워 측정이 불가하였다. 결국 생분해3, 생분해4는 지방족 폴리에스터를 포함하지 않음을 확인할 수 있었다(표 92, 93).

표 92. 생분해필름의 지방족 폴리에스터 함량

시료명	단위	시험방법	시험결과
생분해1			89.8
생분해2	%	환경표지인증기준[EL724:2016] 부속서A의 A.2.2	88.4
생분해3			측정불가
생분해4			측정불가

표 93. 생분해 1과 생분해 2시료의 지방족 폴리에스터 함량

시료명	측정항목	단위	측정결과
생분해1	원 시료의 질량	g	5.008
	넓적바닥 플라스크의 질량(W_1)	g	123.627
	건조된 각 플라스크 질량(W_2)	g	128.125
	지방족 폴리에스터(AP) 함량	%	89.80
생분해2	원 시료의 질량	g	5.003
	넓적바닥 플라스크의 질량(W_1)	g	125.636
	건조된 각 플라스크 질량(W_2)	g	130.060
	지방족 폴리에스터(AP) 함량	%	88.42

3. 물리적 품질 특성분석

이 실험은 각 제품별 물리적 품질 특성을 비교하기 위한 실험이며 각 항목으로는 인열강도, 인장강도, 최대인장하중, 연신율이 있다.

가. 시험 방법 및 조건

1) 인열 강도

- 시험방법 : ASTM D624
- 시험기기 : Universal Testing Machine(Instron3367)
- 시험속도 : 500 mm/min
- 그립 간 거리 : 65 mm
- 로드셀 : 500N
- 시험환경 : 23 ± 2 °C, $50 \pm 5\%$ R.H.

2) 인장강도, 연신율

- 시험방법 : ASTM D 882
- 시험기기 : Universal Testing Machine(Instron3367)
- 시험속도 : 500 mm/min
- 그립 간 거리 : 65 mm
- 로드셀 : 500N
- 시험환경 : 23 ± 2 °C, $50 \pm 5\%$ R.H.

나. 시험결과

MD방향의 인장강도 및 최대하중은 생분해3, 생분해4가 높았으며 TD방향의 인장강도 및 최대하중은 생분해2, 생분해4가 높은 것으로 확인되었고, 연신율과 인장강도는 생분해4가 생분해3가 가장 높았으며 생분해2, 생분해1, 생분해3 순서였다(표 94, 그림 49).

표 94. 생분해 필름 별 물리적 특성

시료명	시험항목	단위	시험방법	시험결과
생분해1 (MD)	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	16
	최대인장하중	N	ASTM D 882	3.3
	연신율	%	ASTM D 882	208
	인열강도	N/mm	ASTM D 624	97
생분해1 (TD)	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	11
	최대인장하중	N	ASTM D 882	2.2
	연신율	%	ASTM D 882	322
	인열강도	N/mm	ASTM D 624	81
생분해2 (MD)	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	16
	최대인장하중	N	ASTM D 882	2.6
	연신율	%	ASTM D 882	206
	인열강도	N/mm	ASTM D 624	107
생분해2 (TD)	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	15
	최대인장하중	N	ASTM D 882	3.0
	연신율	%	ASTM D 882	408
	인열강도	N/mm	ASTM D 624	92
생분해3 (MD)	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	24
	최대인장하중	N	ASTM D 882	3.5
	연신율	%	ASTM D 882	96
	인열강도	N/mm	ASTM D 624	95
생분해3 (TD)	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	12
	최대인장하중	N	ASTM D 882	1.7
	연신율	%	ASTM D 882	265
	인열강도	N/mm	ASTM D 624	61
생분해4 (MD)	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	23
	최대인장하중	N	ASTM D 882	2.9
	연신율	%	ASTM D 882	421
	인열강도	N/mm	ASTM D 624	125
생분해4 (TD)	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	15
	최대인장하중	N	ASTM D 882	2.2
	연신율	%	ASTM D 882	598
	인열강도	N/mm	ASTM D 624	93

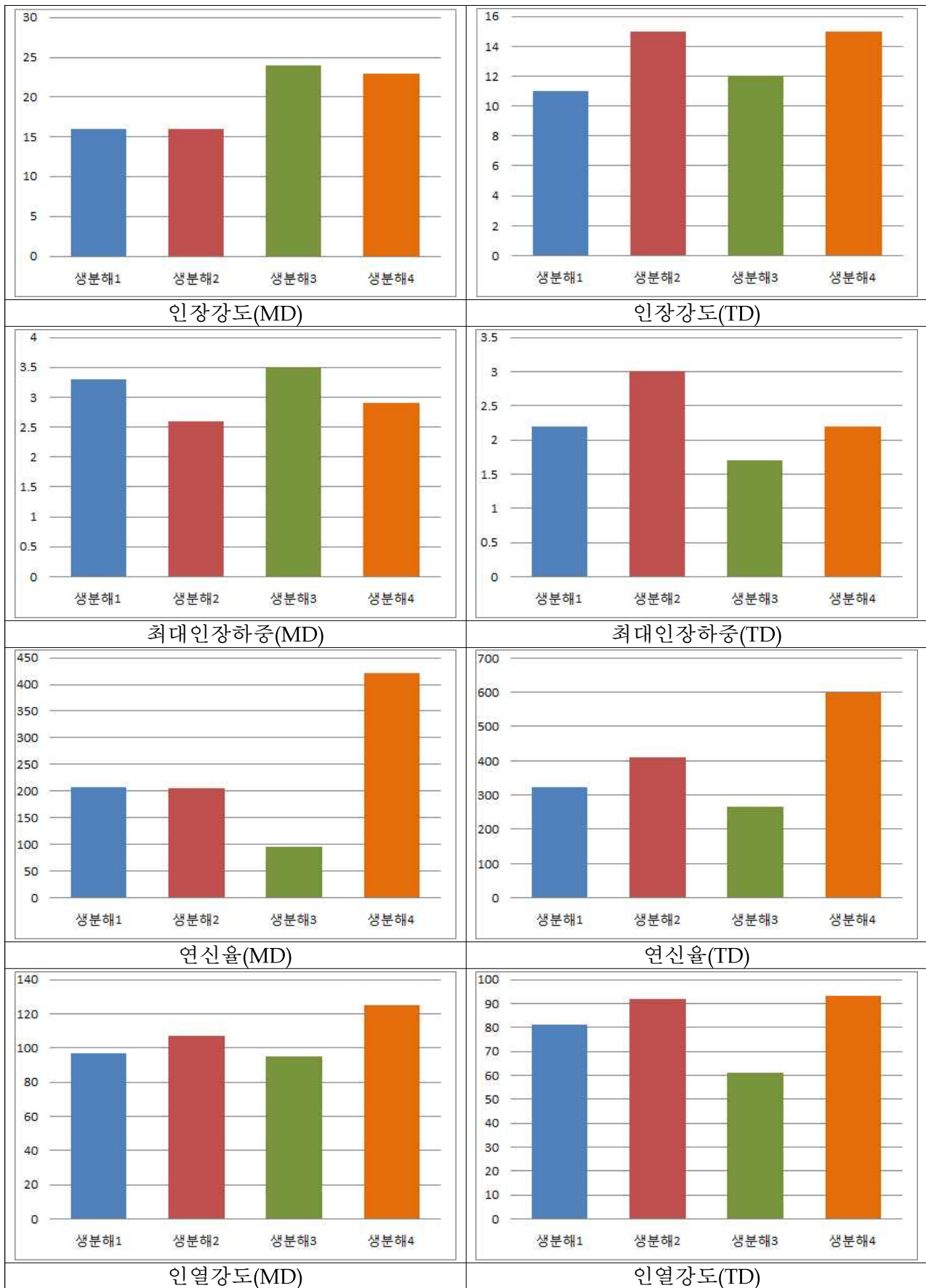


그림 49. 생분해필름 제품별 물리적 특성

4. 유해원소 함량분석

생분해성 수지의 첨가제로서 납(Pb) 화합물이나 카드뮴(Cd) 화합물을 사용하지 않아야 하며, 표 95. 생분해성 수지에 함유된 유해원소 함량 기준에 적합하여야 한다.

표 95. 생분해 수지의 유해원소 함량 기준

항목	비소 (As)	납 (Pb)	카드뮴 (Cd)	수은 (Hg)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	아연 (Zn)
기준(mg/kg)	25이하	50이하	0.5이하	0.5이하	150이하	200이하	25이하	500이하

가. 시험 방법

KS M 0032: 고주파 유도 결합 플라즈마 방출 분광 분석 - ICP(Inductively Coupled Plasma)

나. 시험결과

실험 결과 표 96에서 보는 바와 같이 생분해1, 2, 3, 4 모두 불검출로 유해원소 함량 기준에 적합한 것으로 확인되었다.

표 96. 생분해 필름의 유해원소 함량

시료명	분석항목	단위	분석방법	검출한계	분석결과
생분해 1	비소 (As : Arsenic)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	납 (Pb : Lead)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	카드뮴 (Cd : Cadmium)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	수은 (Hg : Mercury)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	크로뮴 (Cr : Chromium)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	구리 (Cu : Copper)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	니켈 (Ni : Nickel)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	아연 (Zn : Zinc)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
생분해 2	비소 (As : Arsenic)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	납 (Pb : Lead)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	카드뮴 (Cd : Cadmium)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	수은 (Hg : Mercury)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	크로뮴 (Cr : Chromium)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	구리 (Cu : Copper)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	니켈 (Ni : Nickel)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	아연 (Zn : Zinc)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출

시료명	분석항목	단위	분석방법	검출한계	분석결과
생분해 3	비소 (As : Arsenic)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	납 (Pb : Lead)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	카드뮴 (Cd : Cadmium)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	수은 (Hg : Mercury)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	크로뮴 (Cr : Chromium)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	구리 (Cu : Copper)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	니켈 (Ni : Nickel)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	아연 (Zn : Zinc)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
생분해 4	비소 (As : Arsenic)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	납 (Pb : Lead)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	카드뮴 (Cd : Cadmium)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	수은 (Hg : Mercury)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	크로뮴 (Cr : Chromium)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	구리 (Cu : Copper)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	니켈 (Ni : Nickel)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출
	아연 (Zn : Zinc)	mg/kg	KS M 0032	0.1	불검출

5. IR(Infrared Spectroscopy) 적외선 분광법 및 DSC(시차 주사 열량계) 분석

각 제품별 광학적, 열적 특성 분석을 통하여 제품에 사용된 원재료 파악이 필요하여 추가적으로 실험을 진행하였다.

가. IR(Infrared Spectroscopy) 적외선 분광법

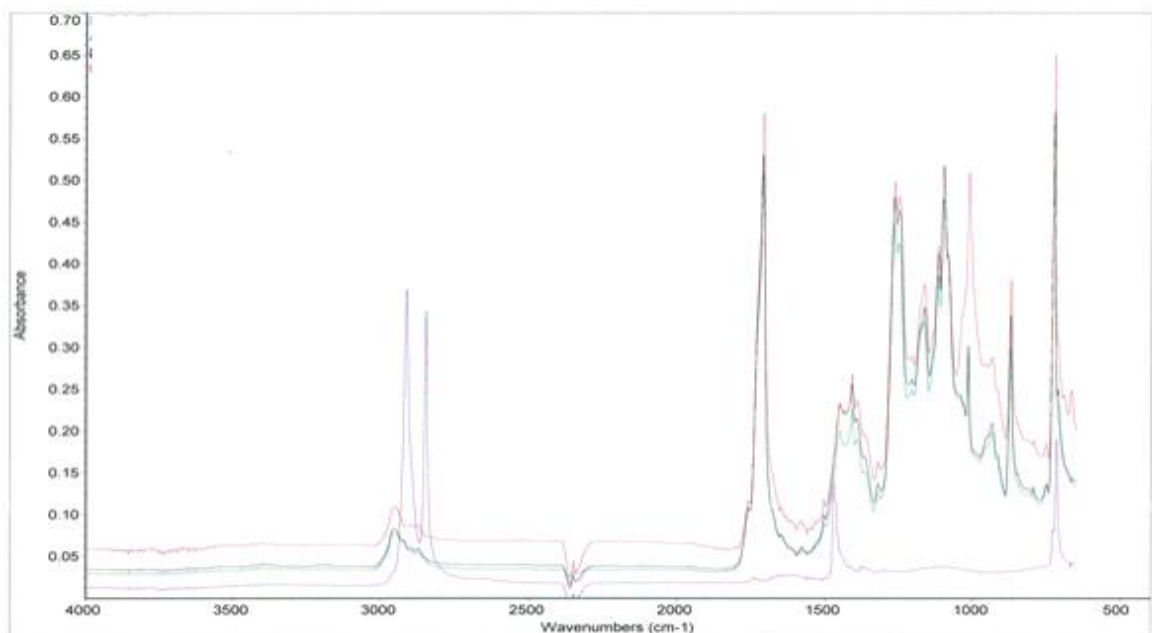


그림 50. 적외선 분광법에 의한 광학적 특성

나. DSC(Differential Scanning Calorimetry) 시차 주사 열량계 분석

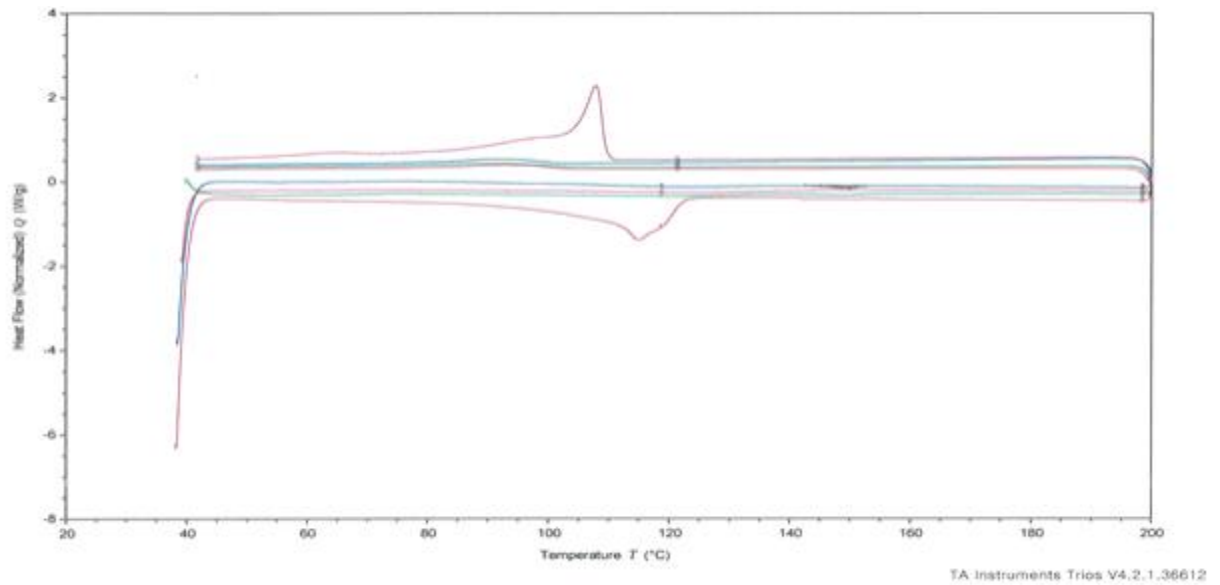


그림 51. 시차주사열량계 분석에 의한 열적 특성

IR(Infrared Spectroscopy) 적외선 분광법 분석 결과 생분해1, 생분해2, 생분해3은 유사한 결과가 나왔으나 생분해4는 Polyethylene으로 확인되었으며(그림 50), DSC(Differential Scanning Calorimetry) 시차 주사 열량계 분석 결과 또한 생분해1, 생분해2, 생분해3은 유사한 PEAK로 생분해성 수지를 사용한 것(그림 51)으로 보이며 생분해4는 Polyethylene으로 확인되었다.

6. 생분해성 필름 실증 후 필름 물성 및 열적특성 변화

1 장의 현장실증 적용 재배 시험 후 수거된 멀칭필름에 대한 물성과 열적 특성 변화를 알아보하고자 하였다.

가. 물성 평가 결과

실증 실험 중 양파를 재배한 두 곳은 관행멀칭을 제외한 4社 생분해 필름 모두 물성이 약해졌고, 마늘, 감자를 재배한 필름 중 생분해1, 생분해2는 물성이 약해졌으나 생분해3, 생분해4는 초기대비 큰 변화 없었다(표 97, 98, 그림 52, 53).

표 97. 작물 재배 후 필름별 신장률(%)

작물 / 지역		관행	생분해1	생분해2	생분해3	생분해4
마늘1	원주 부론	355	286	68	245	343
마늘2	원주 문막	475	10	195	234	283
양파1	원주 호저	293	14	80	9	48
양파2	원주 호저	439	177	15	23	32
감자	춘천 서면	293	43	7	169	239

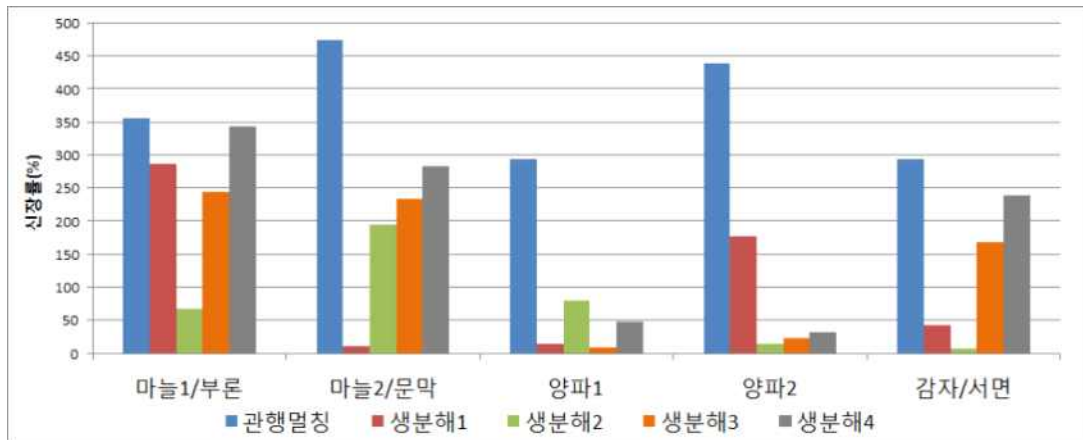


그림 52. 작물 재배 후 필름별 신장률(%)

표 98. 작물 재배 후 필름별 인장강도(N/mm²)

작물 / 지역		관행	생분해1	생분해2	생분해3	생분해4
마늘1	원주 부론	8.847	13,198	7.285	9.977	11.813
마늘2	원주 문막	15.243	8,612	13.438	17.394	11.688
양파1	원주 호저	16.132	9,256	11.761	7.334	8.128
양파2	원주 호저	13.873	11,046	12.288	12.507	8.256
감자	춘천 서면	14.218	13,139	2.901	14.497	26.293

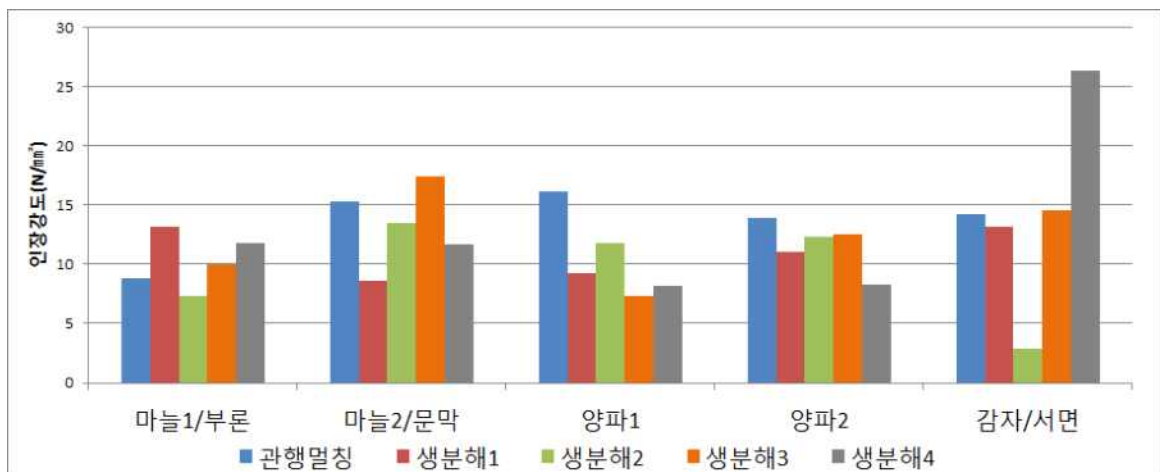
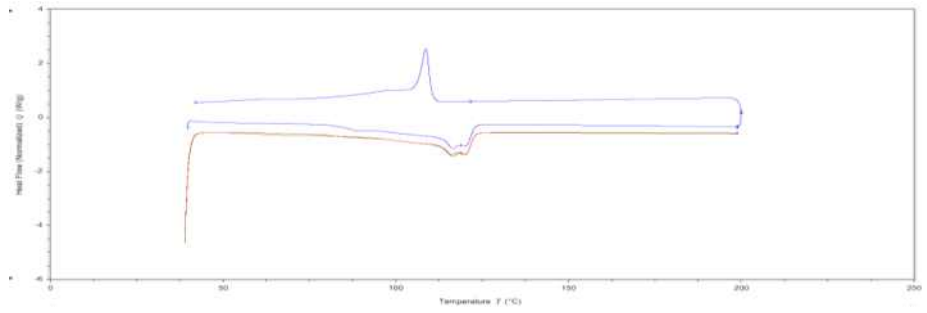


그림 53. 작물 재배 후 필름별 인장강도(N/mm²)

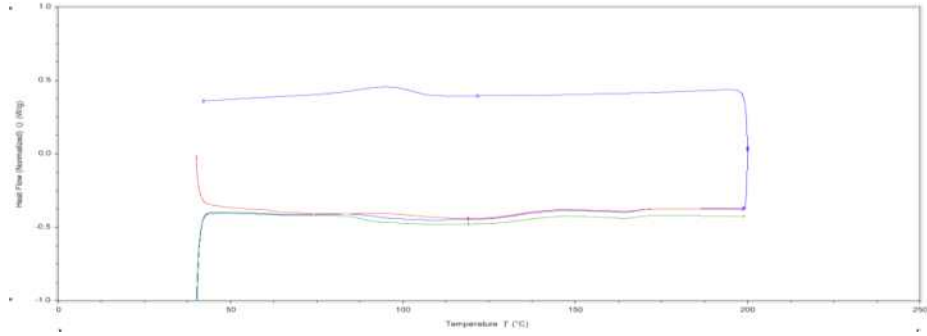
2. 열적특성 변화 결과

문막, 부론, 원주 실증실험 후 필름을 수거하여 시차주사열량분석법(DSC, Differential Scanning Calorimeter)으로 확인한 결과 분해가 진행이 되도 Tm값의 Peak, Enthalpy(열량)의 열적특성 차이는 없는 것으로 확인되었다(그림 54).

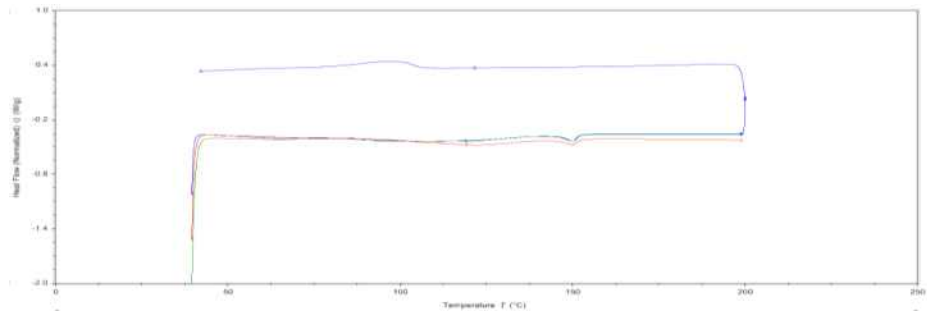
관행필름



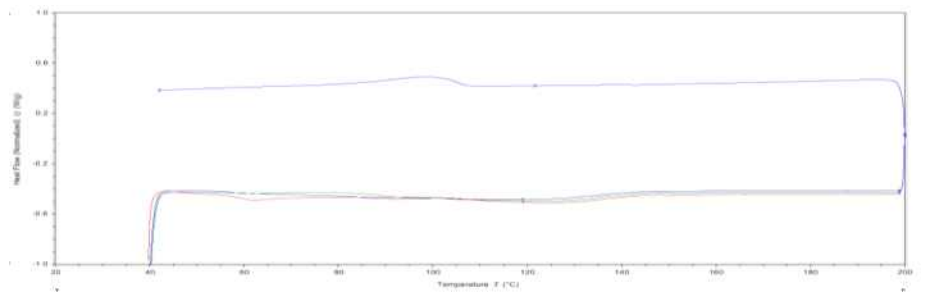
생분해1



생분해2



생분해3



생분해4

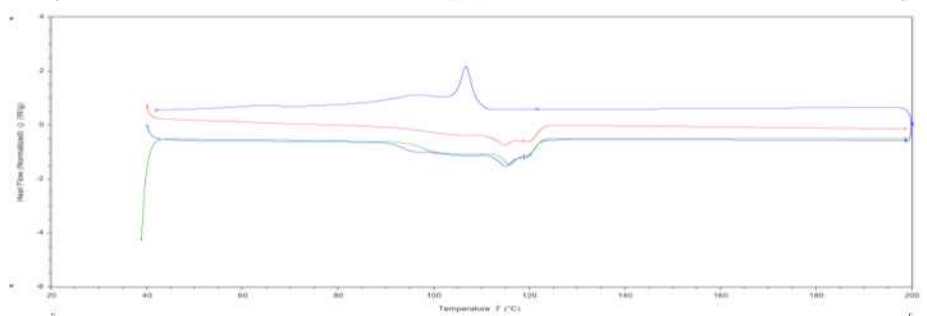


그림 54. 작물재배 후 필름별 열적특성

2 절. 농업용 생분해성 멀칭필름 생분해도 평가

이 실험은 (주)도우환경농업기술을 통하여 관행 PE 멀칭필름과 생분해성 멀칭필름의 생분해도를 평가하기 위해 진행되었다. 생분해 멀칭필름 및 관행 멀칭의 생분해도 평가를 위해 DIN EN ISO 17556 조건(농경지 또는 산림의 표토 사용)의 토양을 표토로 하였으며 토양 중 필름 0.3%를 처리하여 실험을 진행 하였다. 토양 수분은 18.8%, 온도는 25°C의 배양 조건으로 CO₂ 누적 방출량을 통해 토양의 호흡량과 필름의 분해량을 확인하였다.

1. 재료 및 실험 방법

가. 실험재료

1) 생분해실험 재료

- 멀칭필름 5종(관행PE필름 1종, 생분해필름 4종)과 상대비교를 위한 셀룰로오스(그림 55)
- 실험재료는 자외선 조사와 같은 전처리 없이 사용함.

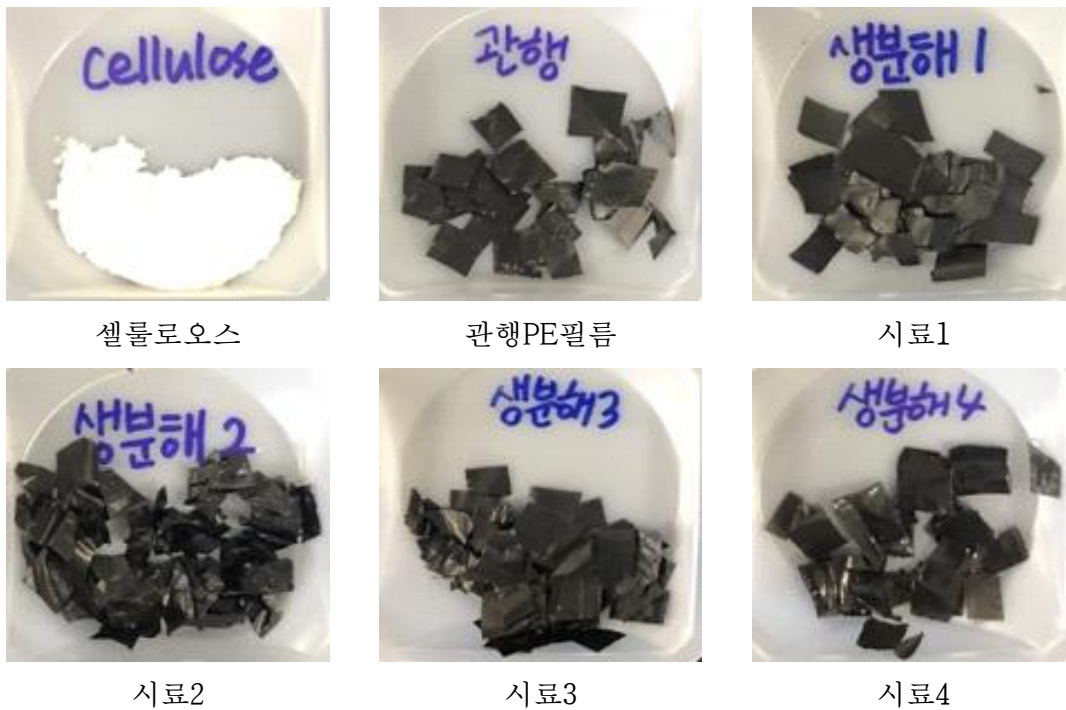


그림 55. 생분해 실험에 사용한 필름

2) 공시토양

- DIN EN ISO 17556 기준(표 99)을 참고하여 농경지 표토 사용.

표 99. 공시토양의 특성

토양 pH	총질소함량(%)	유기물함량(%)	토성	포장용수량(%)
7.32	0.06	1.5	양토	18.8

나. 실험방법

1) 토양 중 필름 처리

- DIN EN ISO 17556 기준을 참고하여 필름 처리량을 계산하여 토양에 섞어줌
- 일반적으로 0.1~0.3% 처리, 토양 유기물함량이 높을 경우 1.25%까지 처리할 수 있음
- 처리량 : 공시토양 40g에 각각의 필름 시료 0.12g 처리
- 처리율 : 0.3%
- 각 시료별 반복수: 3회

2) 배양 조건

시료를 혼합한 토양을 플라스틱 통에 넣고, 토양호흡실험용 유리 배양병에 토양이 담긴 통과 발생하는 이산화탄소를 포집하기 위해 2M NaOH 1ml를 담은 튜브를 함께 넣은 후 배양병 뚜껑을 닫아 외부 공기의 유입을 막은 채 배양실험을 진행하였다(그림 56).

- 배양온도: 25℃
- 배양 기간: 202일
- 수분관리: 포장용수량 수준(18.8%, w/w)



필름 처리된 토양이 담긴 유리배양병



항온배양기

그림 56. 필름 토양 혼화 배양시험

3) 생분해도 측정(적정법)

DIN EN ISO 17556 기준의 이산화탄소 포집 후 적정법으로 생분해도 측정하였다. 유리 배양병에 넣어 둔 NaOH가 담긴 튜브를 꺼내 1M BaCl₂ 2ml를 넣고, 0.1M HCl 용액으로 적정하였다. 202일의 배양 기간 중 이산화탄소 발생 특성을 고려하면서 시료 채취 간격을 조정하여 측정하고 시료를 처리하지 않은 무처리구의 이산화탄소 발생량을 보정하였다(그림 57).

※이산화탄소량의 계산

$$\text{CO}_2 \text{ efflux from the soils (g CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}) = C/S/t$$

(C: NaOH용액에 포집된 CO₂의 무게(mg CO₂), S: 배양에 사용된 토양 무게 (kg)

T: 배양 기간 (day))



그림 57. pH 적정기

2. 생분해실험 결과

가. 실험재료의 탄소함량

배양실험에 들어가기 전 각각의 시료가 가진 탄소량을 분석한 결과, ‘관행PE’가 87.2%로 가장 높았고, ‘생분해4’가 84.4%로 높았고, ‘생분해1, 2, 3’은 각각 53.5%, 55.9%, 54.6%로 탄소함량이 비슷하였고, 대조구로 사용한 셀룰로오스는 44.5%로 실험재료 중 가장 낮았다 (표 100).

표 100. 시험 전 시료의 탄소량

실험재료	시료명	탄소함량(%)	원료물질
관행PE필름	관행PE	87.2	PE
생분해필름1	생분해1	53.5	정보 없음
생분해필름2	생분해2	55.9	정보 없음
생분해필름3	생분해3	54.6	정보 없음
생분해필름4	생분해4	84.4	정보 없음
셀룰로오스	Cellulose	44.5	시약 등급(Sigma)

나. 이산화탄소 누적방출량

이산화탄소 누적방출량을 그래프로 나타낸 결과, ‘셀룰로오스’ 처리구에서 가장 방출량이 많았고, 필름 중에서는 ‘생분해1’ 처리구에서 방출량이 가장 많았다(그림 58).

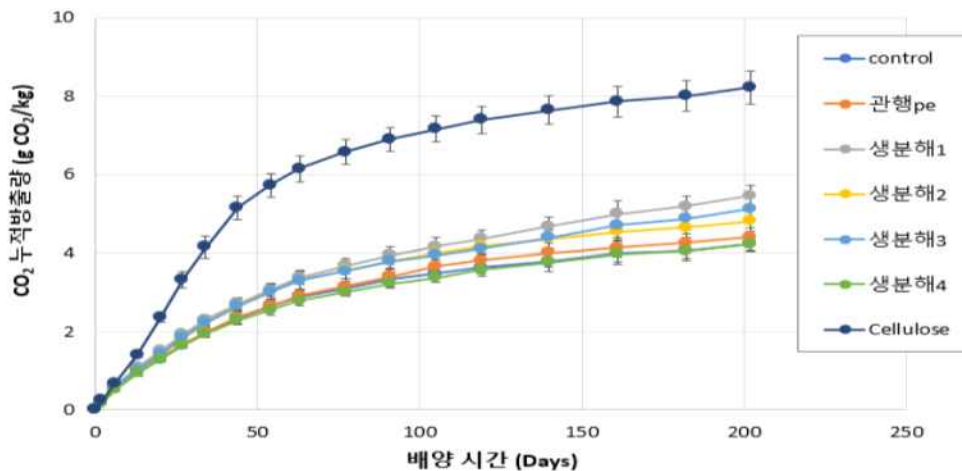


그림 58. 실험재료별 CO₂누적방출량

필름 종류에 따른 이산화탄소 누적방출량을 비교하기 쉽게 ‘셀룰로오스’ 처리구를 빼고 그린 그래프를 보면, ‘생분해1’ 처리구에서 누적방출량이 가장 많았으며, 그 다음은 ‘생분해3’ 처리구, ‘생분해2’ 처리구, ‘관행PE’ 처리구, ‘생분해4’ 처리구의 순서로 나타났다(그림 59). 특히 ‘생분해4’ 처리구는 ‘관행PE’ 처리구보다 이산화탄소 누적방출량이 적게 나타나고 있어, ‘생분해4’ 필름의 원료 조성에 대한 고찰이 필요하다고 사료된다.

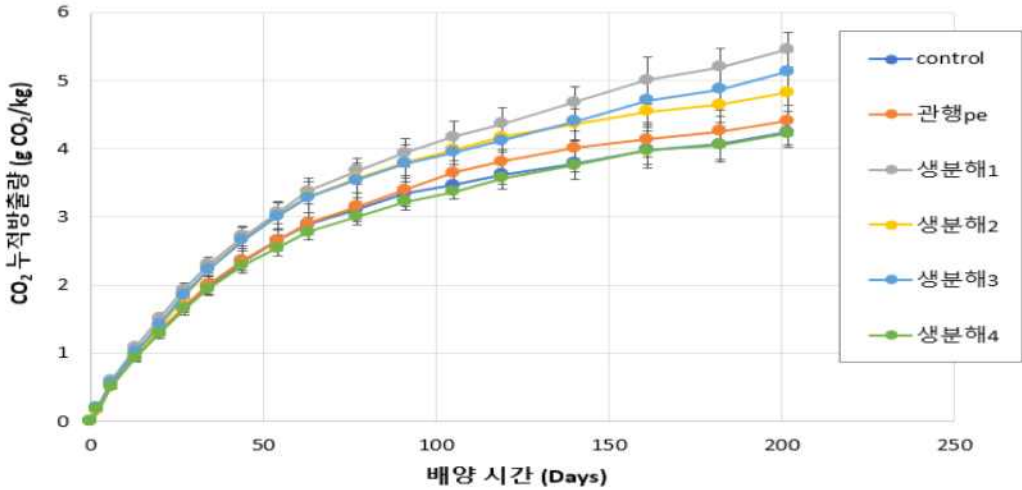


그림 59. 필름별 CO₂누적방출량

다. 이산화탄소 방출 특성

셀룰로오스는 배양 시작 한 달 전후에 이산화탄소 발생량이 가장 많았고, 50일이 지나면서 이산화탄소 발생량이 급속히 감소하는 경향을 보였다(그림 60). 필름 처리구는 공통적으로 배양 27일차에서 발생량 피크가 한 번 있고, 100일이 지나서 또 한 번의 발생량 피크가 나타났다(표 101). 2차 피크 이후 방출된 탄소량이 감소세를 유지하는 것으로 보아 환경의 변화를 주지 않는 이상 필름의 생분해는 더 이상 진전되지 않을 것으로 판단된다.

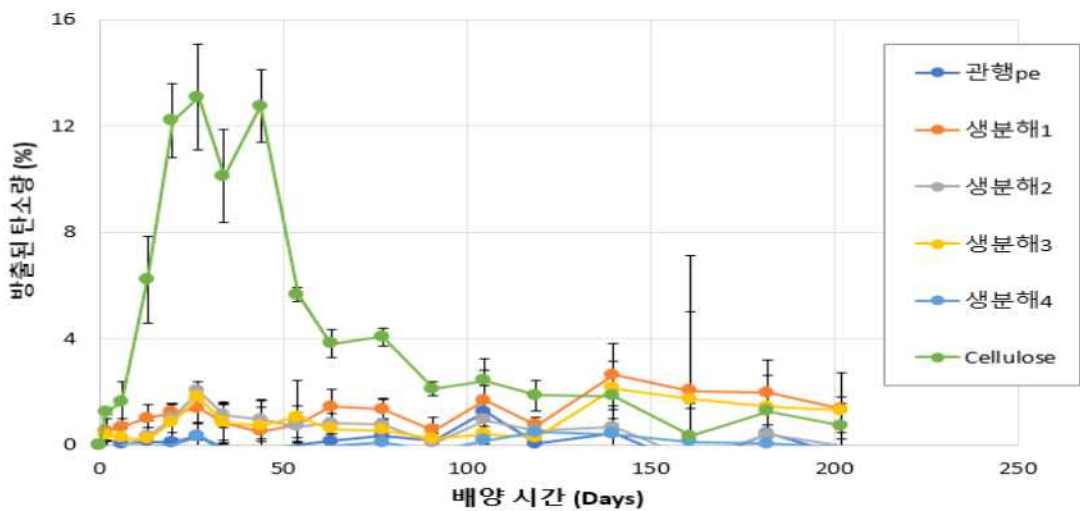


그림 60. 필름별 배양기간 중 발생한 탄소량

표 101. 실험재료 별 발생한 탄소량

실험구	방출된 탄소량(%)	
	1차 피크일 (탄소량)	2차 피크일 (탄소량)
관행PE필름	27일차 (0.32)	105일차 (1.25)
생분해필름1	27일차 (1.39)	140일차 (2.62)
생분해필름2	27일차 (2.04)	105일차 (0.94)
생분해필름3	27일차 (1.78)	140일차 (2.12)
생분해필름4	27일차 (0.30)	119일차 (0.47)
셀룰로오스	27일차 (13.08)	없음

라. 생분해로 방출된 탄소량

실험재료가 초기에 가지고 있던 탄소 중 202일의 배양실험 동안 생분해되어 대기로 방출된 누적탄소량을 백분율로 나타내면, 셀룰로오스가 81.2%로 가장 높았고, 생분해1이 20.5%, 생분해3이 14.7%, 생분해2가 9.3%, 관행PE가 1.6%, 생분해4가 -0.2%로 나타났다(그림 61)

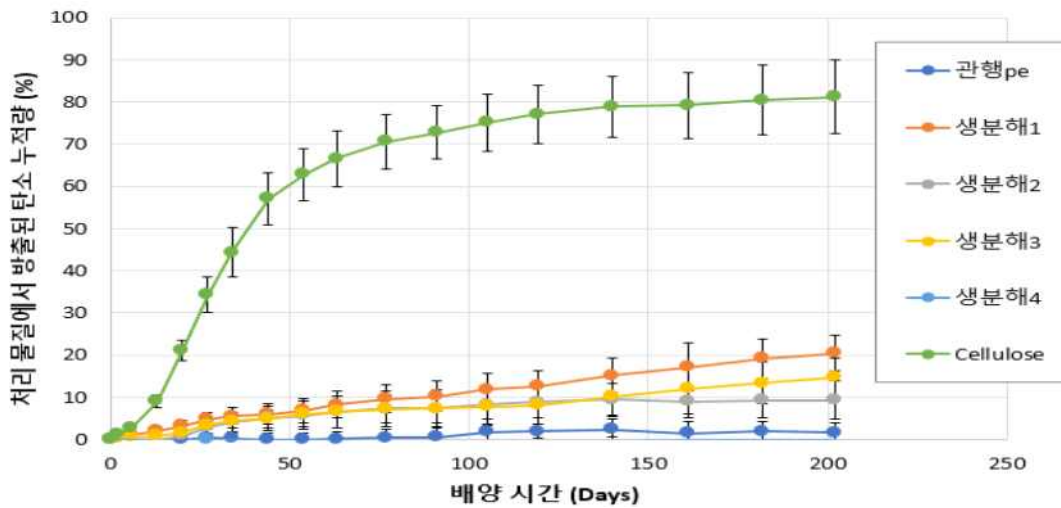


그림 61. 처리구별 배양기간 중 발생한 탄소누적량

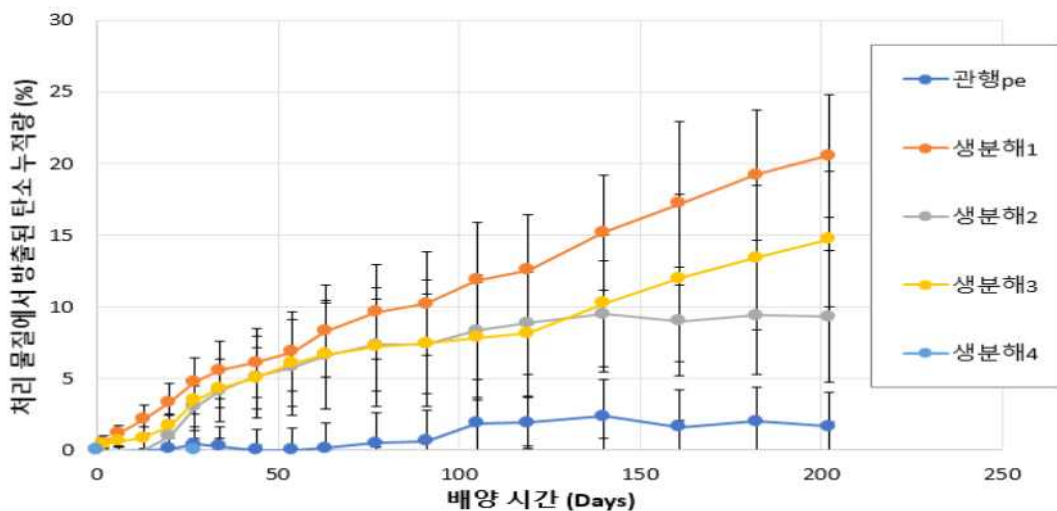


그림 62. 필름처리 별 배양기간 중 발생한 탄소누적량

필름 처리구만 그래프로 나타냈을 때 생분해4는 관행PE보다 적은 탄소누적량을 보였고 (그림 62), 무처리구로 보정한 결과 (-)값을 보여 그래프에 나타나지 않을 정도로 낮은 수준 이어서 생분해가 거의 진행되지 않은 것으로 판단된다.

마. 실험 완료 후 토양에 처리된 필름의 상태

실험 후 토양에서의 필름 상태를 확인한 결과 생분해1은 필름의 양과 크기가 초기대비 현저히 줄어들었음을 육안으로 확인할 수 있었으며 분해가 많이 진행된 순서로는 생분해1 > 생분해2 > 생분해3 > 생분해4 임을 확인할 수 있었고, 생분해4는 관행PE와 마찬가지로 분해가 거의 진행되지 않았다(그림 63).



* 위; 실험 전, 아래, 실험 후

그림 63. 실험 전·후 필름 상태

배양실험 전 각각의 시료가 가진 탄소량 분석결과 생분해1, 생분해2, 생분해3은 약 55%로 유사하였으며 생분해4는 관행PE와 유사한 84.4%이었다. 배양실험 종료 후 이산화탄소 누적 방출량은 생분해1 > 생분해3 > 생분해2 순서였으며 생분해4와 관행PE는 이산화탄소가 거의 방출되지 않았다. 생분해도 실험을 통해 방출된 탄소량 역시 생분해1 20.5%, 생분해3 14.7%, 생분해2 9.3%, 관행PE 1.6%, 생분해4 -0.2%로 생분해4는 관행PE보다도 적은 탄소누적량을 보였다.

이러한 결과로 볼 때 생분해4는 생분해필름으로 보기 어렵다는 결과를 확인할 수 있었다.

3 절. 생분해 간이 필드평가 및 분해도 평가

1. 간이 필드평가

가. 평가 장소 : 일신화학공업 시험하우스 옆 텃밭

나. 평가 일정 : 3월 29일 ~ 6월 27일(90일간)

다. 피복 제품 : 관행필름(PE필름), 생분해1, 생분해2, 생분해4

라. 재배 작물 : 감자

마. 평가방법

제조사별 시판품을 필드에 피복 후 작물(감자)을 3월부터 6월까지 재배하면서 필름 노면의 변화와 수확 후 로터리 작업을 통해 제조사별 작업가능 여부를 확인하였다.

마. 평가 결과

관행필름, 생분해1, 생분해2, 생분해4 제품을 3월부터 피복 후 6월까지 표면 변화를 확인한 결과 생분해4 제품은 거의 분해가 진행되지 않아 직접 벗겨 냈으며,, 생분해1 필름이 가장 분해가 많이 진행된 것을 확인 할 수 있었다(그림 64).

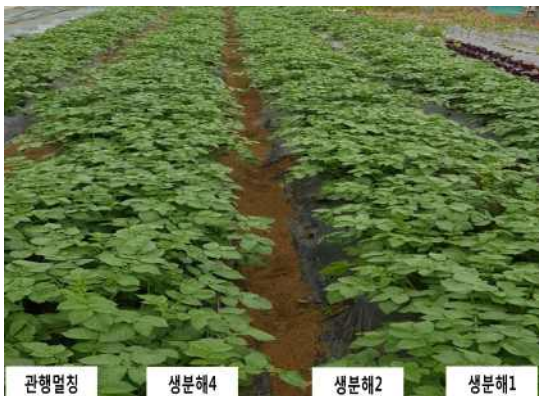
생분해1, 생분해2 제품은 로터리 작업 시 필름이 걸리지 않고 감자 수확이 원활히 진행할 수 있었다.



3월 29일 멀칭 피복(초기)



4월 15일(17일 경과)



5월 17일(49일 경과)



6월 27일 감자 수확(90일 경과)

그림 64. 재배 경과에 따른 필름 상태

2. 간이 생분해도 평가

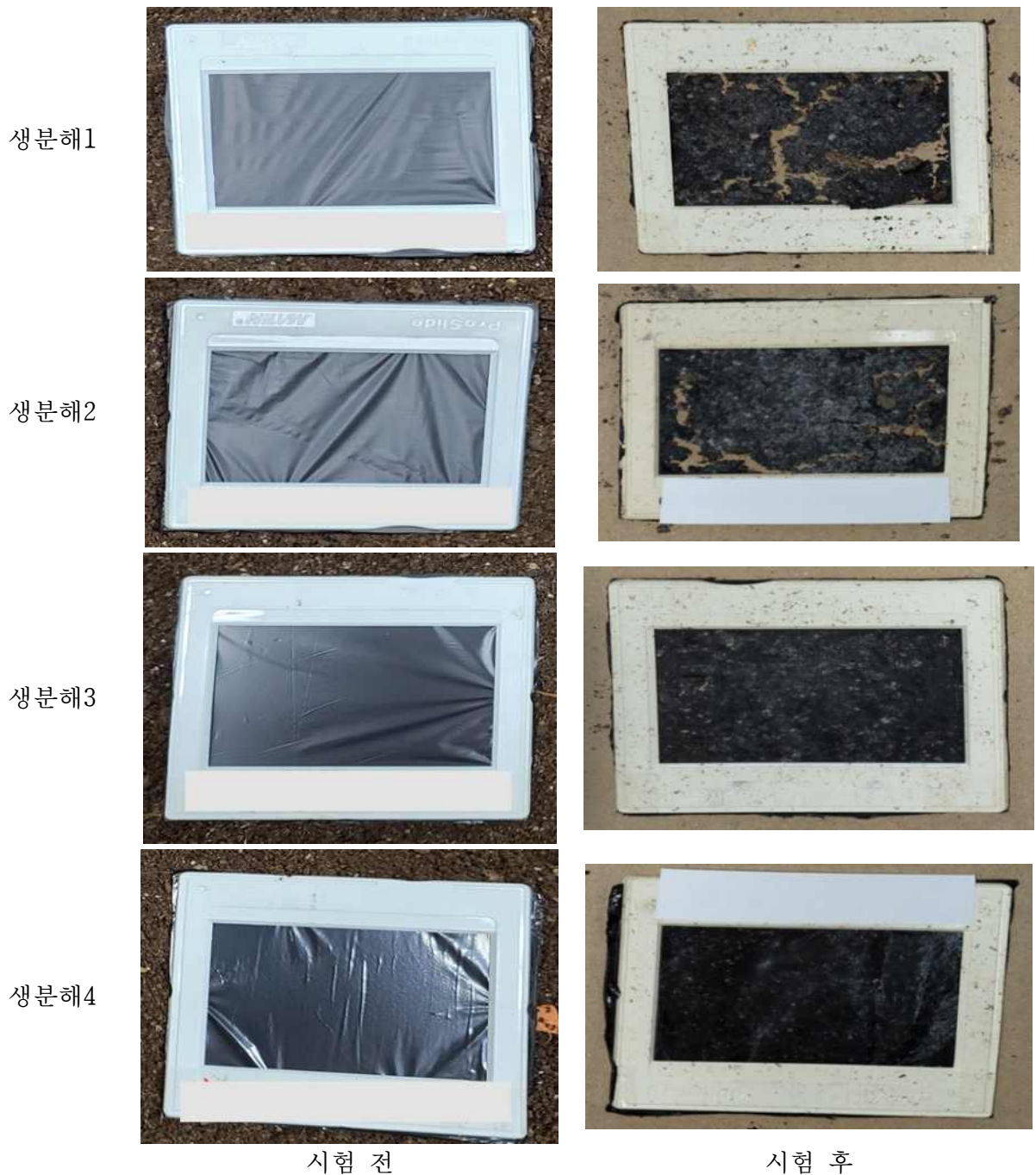
가. 평가 일시 :: 2020년 7월 29일 ~ 9월 16일(45일간)

나. 실험 목적 : 생분해성필름 4社(생분해1,2,3,4)간의 생분해도 비교 평가

다. 실험 방법

부숙토와 계분을 1:1로 준비하고 Seasand와 섞어 준 후 통에 퇴비를 약80%가량 채운 후 샘플을 올려 다시 퇴비로 덮어준다. 퇴비가 담긴 통을 항온기에 넣고 58℃를 유지하고, 물은 주 3회 500ml씩 부어준다. 퇴비를 섞지 않고 45일 경과 후 샘플의 상태를 확인한다.

라. 평가 결과



시험 전

시험 후

그림 65. 생분해 간이 시험 전 · 후 필름 비교

45일차 까지의 생분해도는 생분해1 > 생분해2 > 생분해3 > 생분해4 순으로 생분해1필름이 분해가 가장 많이 진행되었다. 생분해1, 생분해2 필름은 작은 충격에도 부서질 정도로 분해가 많이 진행되었으며, 생분해3 필름은 기존 물성을 많이 잃고 필름의 균열이 있으나 생분해1, 생분해2 필름에 비해 분해 속도가 느리게 진행되었다. 생분해4는 피복 초기의 상태와 유사하며 분해정도를 파악하기 어려웠다(그림 65).

4 절. 농업용 생분해성 멀칭필름의 품질규격서 작성

현재 생분해성 멀칭필름은 친환경마크 인증을 위해 ‘농업용 폴리에틸렌필름 규격(KPS M 1001)’의 품질규격을 적용하고 있는 실정으로 생분해성 수지와 PE의 성질 차이에 따라 혼란이 야기되고 있어 ‘생분해성 멀칭필름 품질규격’ 제정이 시급하다고 판단된다. 규격의 제정을 통해 사용자들이 상품선택에 혼란을 갖지 않고 필요한 필름을 구매할 수 있어 불량 생분해 필름 사용에 대한 피해도 줄이고, 품질에 대한 농가 신뢰도 회복을 통한 친환경적 농자재 사용이 확대될 것으로 기대된다.

이에 생분해성 멀칭필름의 품질규격서를 작성하고 단체표준으로 제안하고자 한다.

□ 생분해 필름 품질규격서 작성(한국플라스틱제조업협동조합 단체표준)

- 제정단체 : 한국플라스틱제조업협동조합
- 등 록 : 한국표준협회
- 심 의 : 한국플라스틱제조업협동조합 단체표준심사위원회
- 원안작성협력 : 한국건설생활환경시험연구원 인천경기지원
- 규격서 내용

1. 적용범위

이 표준은 농업용으로 사용되는 생분해성 멀칭필름(이하 멀칭필름이라 한다)에 대하여 규정한다.

2. 인용표준

다음의 인용표준은 전체 또는 부분적으로 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판을 적용한다.

3. 용어와 정의

이 표준의 목적을 위하여 다음의 용어와 정의를 적용한다.

(1) 멀칭필름(mulching films)

농작물의 재배 조건 개선과 잡초 성장 억제 위해 땅을 덮는 용도로, 농업용에 사용하도록 고안된 열가소성 소재로 만든 필름.

(2) 생분해도(biodegradability)

KS M ISO 14855-1에 따라 시험하였을 때 호기성 최종 생분해에 의하여 방출되는 이산화탄소 누적량을 이용하여 같은 규격에서 정한 방법으로 계산한 평균 생분해도 값.

(3) 생분해성 수지(biodegradable resin)

EN 13432 또는 EN 17033에 적합하거나, EL724에 따라 환경표지 인증을 받은 수지

4. 재료

멀칭 필름 구성 재료 가운데 수지는 생분해성 수지만을 사용하여야 한다.

5. 품질

(1) 치수

멀칭필름의 두께는 표-1의 규정에 적합하여야 한다. 길이와 너비는 임의로 하며, 허용차는 표-1의 규정에 적합하여야 한다.

표-1 멀칭필름 치수와 허용차

두께			길이	너비
표시두께(mm)	평균 두께 허용차(%)	최대, 최소 두께 허용차(%)	mm	허용차(%)
≤ 0.015	±10	±25	표시 길이 이상	±2
> 0.015				
≤ 0.020				
> 0.020				

(2) 물리적 성능

멀칭필름의 물성은 표-2의 규정에 적합하여야 한다.

표-2 물리적 성능

표시두께(mm)	인장강도(N/cm ²)	신장률(%)	인열강도(N/cm)	겉모양 시험
≤ 0.015	≥ 1 470	≥ 150	≥ 490	이상 위치가 10개 이내
> 0.015 ≤ 0.020	≥ 1 520	≥ 180	≥ 520	
> 0.020	≥ 1 570	≥ 200	≥ 540	

(3) 유해물질

유해물질은 표-3에 적합하여야 한다.

표-3 유해물질 함량 기준

항목	비소 (As)	납 (Pb)	카드뮴 (Cd)	수은 (Hg)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	니켈 (Ni)	아연 (Zn)
기준(mg/kg)	≤ 25	≤ 50	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 150	≤ 200	≤ 25	≤ 500

(4) 생분해도

생분해도는 시험하였을 때 초기 45일 동안 배양하여 측정된 생분해도 값이 표준물질에 대한 생분해도 값의 60% 이상이며, 이 시점에서 생분해기가 지속되어 뚜렷한 생분해가 진행됨을 확인할 수 있어야 한다. 초기 45일 동안 배양하여 측정된 생분해도 값이 표준물질에 대한 생분해도 값의 60% 미만인 경우, 180일 배양기간 이내에서 생분해도 값이 90%까지 도달하여야 한다.

6. 시험 방법

(1) 시료의 전처리

시료는 KS M ISO 291에 따라 온도 (23 ± 2)°C, 습도 (50 ± 5)% R.H.를 표준으로 하고, 전처리 시간은 24시간 이상으로 한다.

(2) 시료의 채취

시료의 채취 방법은 필름에서 길이 1 m 이상인 것 (각각 시험편을 충분히 취할 수 있는 길이) 3개를 취하여 시료로 하며, 시험편의 크기와 수량은 각 시험항목에 규정한 대로 한다.

(3) 두께

길이 약 1 m의 시험편을 3개 취하여 시험편 마다 세로 방향에 거의 같은 간격으로 5 곳을 측정하며, 가로 방향에 거의 같은 간격으로 3 곳을 측정하여 산술 평균한다. 두께 측정기는 KS B 5206에 규정된 0.001 mm 눈금 다이얼 게이지를 사용한다. 이 경우 다이얼 게이지의 접촉면은 평면으로 지름은 5mm로 하며, 측정력은 약 0.8N으로 한다.

평균 두께 허용차는 다음 식으로 계산한다.

$$\text{평균 두께 허용차(\%)} = \frac{(\text{시험편 평균 두께} - \text{표시 두께})}{\text{표시 두께}} \times 100$$

최대 최소 두께 허용차는 다음 식으로 계산한다.

$$\text{최대 최소 두께 허용차(\%)} = \frac{(\text{측정 두께} - \text{표시 두께})}{\text{표시 두께}} \times 100$$

(4) 너비와 길이

시험 장치는 KS B 5209에 규정된 강제 줄자와 KS B 5246에 규정된 금속제 끈은자를 사용한다. 시험 방법은 KS T 1028에 규정된 시험방법에 따른다.

너비의 허용차는 다음 식으로 계산한다.

$$\text{너비 허용차(\%)} = \frac{(\text{시험편 평균 너비} - \text{표시 너비})}{\text{표시 너비}} \times 100$$

(5) 인장 강도와 신장률

인장 강도와 신장률의 측정인 SPS-KPS M 1001-0806에 규정된 시험방법에 따른다.

(6) 인열 강도

인열 강도의 측정은 SPS-KPS M 1001-0806에 규정된 시험 방법에 따른다.

(7) 겉모양

겉모양은 SPS-KPS M 1001-0806에 규정된 시험방법에 따른다.

(8) 유해물질

전체 제품군에서 대표가 되도록 시험에 필요한 약 (5~10)g 정도의 샘플을 취해 약 2mm 이하의 크기로 자른 후, 동결 분쇄하여 500 μ m 이하의 크기로 만든다. 시료는 KS M 6956에 따른 습식 분해법 혹은 마이크로파 분해법으로 시험 용액을 조제한 후 유도 결합 플라즈마 방출 분광기 또는 원자 흡수 분광 광도계를 이용하여 정량한다.

(9) 생분해도

시료는 전체 제품군에서 대표가 되는 부분을 취하여, 이를 동결 분쇄한 다음 KS A 5101-1에 따른 호칭 눈 크기 250 μ m인 시험용 체를 통과한 분말 형태를 사용한다. 생분해도는 KS M ISO 14855-1에 따라 180일 이내의 기간 동안 배양하여 측정한다.

7. 일사량 기준에 따른 서비스 수명

연간 일사량을 고려한 멀칭 필름의 서비스 수명과 관련된 정보는 부속서 A에 표시하였다.

8. 검사

검사는 4항 5항에 대하여 6항에 따라 시험하였을 때 4항 5항 9항에 적합하여야 한다.

9. 표시

이 단체표준에 의하여 인증 받은 제품은 쉽게 손상되지 않는 방법으로 다음 사항을 표시하여야 한다.

- a) 단체표준번호, 단체표준인증번호, 단체표준인증단체명
- b) 품명과 치수(두께, 너비, 길이)
- c) 제조자명 또는 그 약호

생분해 필름 품질화 제안

1. 제정의 취지

2017년 국정감사에 따르면 2011년부터 2015년까지 5년간 평균 33만톤씩 총 165만톤의 영농 폐비닐이 발생하였고, 그 중 23%인 약 38만톤은 미수거 된 것으로 나타나 심각한 토양오

염을 유발하고 있는 실정이다. 이를 해결하기 위해 각 지자체에서는 국내에서는 생분해성 수지를 원료로 하는 농업용 생분해성 멀칭필름의 수요와 사용량이 늘고 있으나, 이에 대한 성능을 평가 할 수 있는 표준이 제정되어 있지 않아 많은 어려움을 야기하고 있다.

현재 농업용 멀칭필름 규격은 SPS-KPS M 1001-0806을 따르고 있으나, 이는 비분해성인 폴리에틸렌 수지를 원료로 하는 제품 규격으로 생분해성 원료를 활용한 멀칭필름에 적용하기에는 한계가 있다. 국내 농업용 생분해성 멀칭필름을 생산하는 기업에서는 환경산업기술원 환경표지인증인 EL724 규격으로 인증 받아 시장에 유통하고 있는 상황으로 농업용 생분해성 멀칭필름 단체표준에 대한 필요성이 요구되고 있다.

환경산업기술원 환경표지인증인 EL724, 국제규격인 EN 17033과 기존 농업용 멀칭필름 단체표준 규격인 SPS-KPS M 1001-0806 규격을 참고하고 생분해성 원료 공급기업과 농업용 생분해성 멀칭필름 제조기업의 의견을 반영하여 본 단체표준을 개발하게 되었다.

2. 주요 제정 내용

(1) 두께

두께 구분은 농업용 생분해성 멀칭필름 국제 규격인 EN17033의 멀칭필름 두께 구분 규정과 생분해성 원료와 농업용 생분해성 멀칭필름 생산 업계의 의견을 반영하여 정하였다.

(2) 성능 요구 사항과 시험방법

국내 농업용 생분해성 멀칭필름 성능은 환경산업기술원 환경표지인증 EL724의 4.5항의 생분해도와 4.3항의 유해물질 기준이 통용되고 있으며, 인장 강도 등 기계적 물성과 겉모양 시험은 단체표준인 SPS-KPS M 1001-0806에 따르고 있어, 이 두 표준의 주요 내용을 반영하여 성능 기준과 시험방법을 정하였다. 농업용 생분해성 멀칭필름 국제 표준인 EN 17033에서는 멀칭필름의 퇴비화 후 생태독성평가를 통하여 토양에 대한 유해성을 검증하고 있으나, 국내 기업의 품질검사수준과 시험검사기관의 준비사항을 고려하여 향후 개정 방향으로 검토할 예정이다.

(3) 멀칭필름의 일사량 기준에 따른 서비스 수명

부속서 A 멀칭필름의 일사량 기준에 따른 서비스 수명은 EN 17033 부속서 G에 따라 작성되었다. 한국농촌경제연구원 농업관측본부의 기상정보 사이트에서는 지역별, 생육 시기별 일사량을 확인할 수 있으며, 이를 활용하여 사용기간에 따른 멀칭필름을 선정할 수 있도록 서비스 수명 등급을 제시하였다.(부속서 A 참고)

3. 제정 경과

한국플라스틱제조업협동조합은 표준 제정을 위하여 관련 표준과 법령, 자료 등을 검토하고 생분해성수지 원료 업계와 멀칭필름 생산 업계의 의견을 수렴하여 진행하였다. 2020년 7월 단체표준 제정 실무위원회를 구성하고 초안 작성 후 업계 의견 수렴 등 몇 차례 수정 보완 과정을 거쳤으며 ‘농업용 생분해성 멀칭필름’ 단체표준이 제정되기까지 주요 경과는 다음과 같다.

- 1) 2020년 05월 19일: 단체표준 제정컨설팅 지원사업 대상 협동조합 선정
- 2) 2020년 06월 12일: 단체표준 제정을 위한 전문가 위원(심사위원)구성
- 3) 2020년 07월 06일: 제1차 단체표준 제정 전문가회의 개최
- 4) 2020년 08월 20일: 제1차 단체표준 초안 심사위원회 개최
- 5) 2020년 08월 26일: 단체표준 제정컨설팅 중간평가
- 6) 2020년 09월 08일: 제2차 단체표준 전문가회의 개최 (중간평가 의견검토)
- 7) 2020년 09월 21일: 제3차 단체표준 전문가회의 개최 (중간평가 결과반영)
- 8) 2020년 09월 10일: 단체표준심사위원회 위원 재구성
- 9) 2020년 10월 20일: 제2차 단체표준제정(안) 심사위원회 개최



생분해성 농업용 멀칭 필름 단체표준 제정 심사

결론

생분해성 멀칭필름 현장 실증시험 결과를 종합해 보면 수 년전 재배에 사용했던 필름보다 품질 측면에서 많은 개선이 이루어진 것으로 생각된다. 피복할 때 잘 찢어지고 시간이 많이 걸리는 단점으로 인해 초기 사용농가에서는 사용을 꺼리는 경우가 있었으나 이번 시험을 통해 시험한 모든 작물재배에 기계피복이 가능한 것을 확인하였다. 또한 수확기까지 물성은 약해졌으나 피복형태는 갖추고 있어 조기분해에 의한 잡초발생피해도 없었다. 다만 생산시기에 따른 품질차이가 있어 조기 선형붕괴가 나타나는 업체가 있어 피해가 있을 수 있을 것으로 생각된다. 또한 재배특성에 따라 유공이나 배색필름, 혹은 폭이 넓은 필름 등 다양한 규격의 제품생산이 제한적이어서 농가에서 요구하는 필름 수요를 충족하기 어려운 점이 있었다. 농가에서 가장 받아들이기 어려웠던 부분은 생분해필름 사용 후 다음 작기 작물의 발아, 생육불량 등에 대한 우려가 가장 컸는데, 수년간 같은 밭에 사용한 농가의 사례, 이번 시험에서 후작물재배 결과와 실증농가에서 후작물 재배 후 피해가 없는 것을 확인하고 이러한 걱정을 불식시킬 수 있었다.

작물 재배 후 필름제거 작업을 생략할 수 있다는 것이 작업인부를 구하기 어려운 농촌에서 생분해필름의 가장 좋은 점으로 받아들여졌다. 이번 시험을 진행하면서 농가에서는 생분해필름이 아닌 관행 PE필름을 사용할 때도, 필름제거 전에 기계수확을 하는 작물이 많아 필름이 많이 훼손되어 완전한 수거가 어려운 것을 알 수 있었고 이러한 필름조각들이 땅속에 그대로 묻히거나 날아다니며 나뭇가지 등에 걸리는 등 농촌 환경을 해치는 결과를 초래하였다. 또한 농촌 고령화로 농지를 임대하는 경우가 많아졌고 임차한 농지를 사용하는 일부 농가에서는 관행 필름도 제거하지 않고 그대로 경운하는 경우도 있어 토양오염이 우려되는 실정이다.

이러한 이유로 생분해성 멀칭필름의 농가보급이 시급히 확대되어야 할 것으로 생각되나 관행필름에 비해 높은 가격, 과거 사용했던 생분해필름의 품질에 대한 불만족 등의 이유로 쉬게 확대되기는 어려울 것으로 보인다. 이러한 점을 해결하기 위한 방안으로 생분해필름 사용농가에 대한 구입비용 보조, 인센티브 부여, 필름가격의 인하 등 정책적인 뒷받침이 필요하고, 생산업체의 다양한 필름규격 생산을 위한 기술개발 등이 반드시 병행 되어야 할 것으로 생각된다.

일부 지자체에서는 생분해성 멀칭필름 구입비용 보조사업을 시행해 오고 있으나, 그 규모가 작고 부분적이어서 보급 확대 부분에서는 미미한 실정이다. 강원도농업기술원에서는 이번 과제에서 수행한 결과를 바탕으로 농림축산식품부에 환경보전의 공익적 가치와 농촌 노동력 절감을 위한 생분해성 멀칭필름 구입비용 지원을 정책제안 하였다.

또한, 품질이 나쁜 생분해필름의 유통으로 인한 농가의 피해를 방지하고자 농업용 생분해성 멀칭필름의 규격을 단체표준으로 제정하고자 품질규격을 제안하였다. 이를 통해 양질의 제품을 보급하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

TEST REPORT

- 1. 의뢰기관 :
기 관 명: 일신화학공업(박성우 님)
주 소: 경기 안산시 단원구 성곡동632-3 일신화학
- 2. 의뢰일자 : 2019. 11.11.
- 3. 용도 : 연구개발용
- 4. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 표 1 참조
- 5. 시료형상 : Film
- 6. 시험항목 : 표 2참조
- 7. 시험방법 : 표 2참조
- 8. 시험기간 : 2019. 11. 11. ~ 2019. 11. 25.
- 9. 시험결과 : 표 2 참조
- 10. 시험자 : 정은혜 분석원

확 인	실무자 직 위: 책임연구원 성 명: 박 지 영	승인자 직 위: 시험책임자 성 명: 김 정 미
	<i>Lijoung Park</i>	<i>Jungmi Kim</i>
<p>본 Test report 는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 Test report 는 사전협의 없이 선전, 방송 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다. ※ 별도의 요청이 없는 경우, 제공된 시료는 시험 완료 2 주 후 자동 폐기합니다.</p>		

2019년 11월 25일

국제공인시험기관 **한국고분자시험연구소**



표 1. 시료명 및 시료사진

No	시료에 기재된 시료명	시험에 사용한 시료명	시료 사진
1	1. 바트로	Koptri- 19-05-16049-1	
2	2. 홀그로	Koptri- 19-05-16049-2	
3	3. 서진 B&T	Koptri- 19-05-16049-3	
3	4. 분토	Koptri- 19-05-16049-4	

표 2. 시험방법 및 시험결과

시료명	시험항목	단위	시험방법	시험결과
Koptri-19-05-16049-1	용출법(Extraction Method)에 따른 지방족 폴리에스터의 함량 분석	%	환경표지인증기준 [EL724:2016]부속서A의 A.2.2	89.8
Koptri-19-05-16049-2	용출법(Extraction Method)에 따른 지방족 폴리에스터의 함량 분석	%	환경표지인증기준 [EL724:2016]부속서A의 A.2.2	88.4
Koptri-19-05-16049-3	용출법(Extraction Method)에 따른 지방족 폴리에스터의 함량 분석	%	환경표지인증기준 [EL724:2016]부속서A의 A.2.2	측정불가
Koptri-19-05-16049-4	용출법(Extraction Method)에 따른 지방족 폴리에스터의 함량 분석	%	환경표지인증기준 [EL724:2016]부속서A의 A.2.2	측정불가

-Note) 위 시험 결과는 환경표지인증기준[EL724:2016]부속서A의 A.2.2에 따라 Chloroform을 이용하여 지방족 폴리에스터를 용출하는 시험으로 Koptri-19-05-16049-3, Koptri-19-05-16049-4는 Chloroform에 용출이 어려워 측정이 불가하였다

* Raw data

1. 시험조건

1-1. 용출법(Extraction Method)에 따른 지방족 폴리에스터의 함량 분석

- 시료 약 5 g을 thimble에 넣고, 미리 질량을 잰 250 mL 넓적바닥 플라스크 (W_1)에 Chloroform 200 mL를 넣은 다음 속슬렛 추출기에서 80 °C, 24 시간 동안 추출을 실시한다. 추출 후 넓적바닥 플라스크를 떼어내어 내부의 용액 중의 Chloroform을 회전농축증발기를 사용하여 증발시킨다. 다시 플라스크 내용물을 열풍 건조기에서 105 °C, 24 시간 동안 건조시킨다. 건조된 각 플라스크 질량 (W_2)을 잰 뒤 내용 내용물만의 질량 ($W_2 - W_1$)을 계산하여 기록한다. 지방족 폴리에스터(AP)의 함량은 다음 식으로 계산된다.

$$\text{AP 함량 [질량분율(\%)]} = (W_2 \text{ (g)} - W_1 \text{ (g)}) / (\text{원 시료의 질량 (g)}) \times 100$$

여기서, W_1 : 미리 잰 250 mL 넓적바닥 플라스크의 질량

W_2 : 건조된 각 플라스크

2. 시험결과

2-1. 지방족 폴리에스터 함량 시험

표 3. 지방족 폴리에스터 함량 시험결과

시료명	측정항목	단위	측정결과
Koptri-19-05-16049-1	원 시료의 질량	g	5.008 4
	넙적바닥 플라스크의 질량 (W_1)	g	123.627 6
	건조된 각 플라스크 질량 (W_2)	g	128.125 0
	지방족 폴리에스터(AP) 함량	%	89.80
Koptri-19-05-16049-2	원 시료의 질량	g	5.003 8
	넙적바닥 플라스크의 질량 (W_1)	g	125.636 0
	건조된 각 플라스크 질량 (W_2)	g	130.060 5
	지방족 폴리에스터(AP) 함량	%	88.42

끝.

TEST REPORT

1. 의뢰기관 :

기관명: 일신화학공업(박성우 님)

주소: 경기 안산시 단원구 성곡동632-3 일신화학

2. 의뢰일자 : 2019. 11.11.

3. 용도 : 연구개발용

4. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 표 1 참조

5. 시료형상 : Film

6. 시험항목 : 표 2참조

7. 시험방법 : 표 2참조

8. 시험기간 : 2019. 11. 12. ~ 2019. 11. 22.

9. 시험결과 : 표 2 참조

10. 시험자 : 김미경 연구원

확 인	실무자	승인자
	직 위: 책임연구원 성 명: 박 지 영 <i>Liyoungh Park</i>	직 위: 시험책임자 성 명: 김 정 미 <i>Jungmi Kim</i>
<p>본 Test report 는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 Test report 는 사전협의 없이 선전, 방송 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다. ※ 별도의 요청이 없는 경우, 제공된 시료는 시험 완료 2주 후 자동 폐기합니다.</p>		

2019년 11월 25일

국제공인시험기관 **한국고분자시험연구소(주) (인)**



표 1. 시료명 및 시료사진



No	시료에 기재된 시료명	시험에 사용한 시료명	시료사진
1	1. 바트로	Koptri- 19-05-16049-1	
2	2. 홀그도	Koptri- 19-05-16049-2	
3	3. 서진 B&T	Koptri- 19-05-16049-3	
4	4. 본토	Koptri- 19-05-16049-4	

표 2-1. 시험방법 및 시험결과

시료명	분석항목	단위	분석방법	검출한계	분석결과
Koptri-19-05-16049-1	비소 (As : Arsenic)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	납 (Pb : Lead)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	카드뮴 (Cd : Cadmium)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	수은 (Hg : Mercury)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	크로뮴 (Cr Chromium)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	구리 (Cu : Copper)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	니켈 (Ni : Nickel)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	아연 (Zn : Zinc)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
Koptri-19-05-16049-2	비소 (As : Arsenic)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	납 (Pb : Lead)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	카드뮴 (Cd : Cadmium)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	수은 (Hg : Mercury)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	크로뮴 (Cr Chromium)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	구리 (Cu : Copper)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	니켈 (Ni : Nickel)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	아연 (Zn : Zinc)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출

Note)

a) Koptri-CP100-HT0.1-N7S1-CS

b) mg/kg = ppm

c) 분석기기: ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry)

d) 불검출 : 검출한계 미만

표 2-2. 시험방법 및 시험결과

시료명	분석항목	단위	분석방법	검출한계	분석결과
Koptri-19-05-16049-3	비소 (As : Arsenic)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	납 (Pb : Lead)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	카드뮴 (Cd : Cadmium)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	수은 (Hg : Mercury)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	크로뮴 (Cr Chromium)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	구리 (Cu : Copper)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	니켈 (Ni : Nickel)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	아연 (Zn : Zinc)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
Koptri-19-05-16049-4	비소 (As : Arsenic)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	납 (Pb : Lead)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	카드뮴 (Cd : Cadmium)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	수은 (Hg : Mercury)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	크로뮴 (Cr Chromium)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	구리 (Cu : Copper)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	니켈 (Ni : Nickel)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출
	아연 (Zn : Zinc)	mg/ kg	KS M 0032	0.1	불검출

Note)

a) Koptri-CP100-HT0.1-N7S1-CS

b) mg/kg = ppm

c) 분석기기: ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry)

d) 불검출 : 검출한계 미만

끝.

TEST REPORT

1. 의뢰기관 :

기 관 명: 일신화학공업(박성우 님)

주 소: 경기 안산시 단원구 성곡동632-3 일신화학

2. 의뢰일자 : 2019. 11.11.

3. 용도 : 연구개발용

4. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 표 1 참조

5. 시료형상 : Film

6. 시험항목 : 표 2참조

7. 시험방법 : 표 2참조

8. 시험기간 : 2019. 11. 11. ~ 2019. 11. 28.

9. 시험결과 : 표 2 참조

10. 시험자 : 정지산 연구원

확인	실무자	승인자
	직 위: 책임연구원 성 명: 박 지 영 <i>Liyong Park</i>	직 위: 시험책임자 성 명: 김 정 미 <i>Jungmi Kim</i>
<p>본 Test report 는 의뢰자가 제공한 시료를 이용한 측정결과입니다. 본 Test report 는 사전협의 없이 선전, 방송 및 광고, 법적소송의 용도로 사용할 수 없습니다. ※ 별도의 요청이 없는 경우, 제공된 시료는 시험 완료 2 주 후 자동 폐기합니다.</p>		

2019 년 11 월 28 일

국제공인시험기관 한국고분자시험연구소(주) (인)

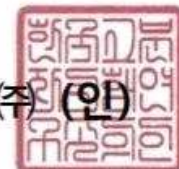


표 1. 시료명 및 시료사진

No	시료에 기재된 시료명	시험에 사용한 시료명	시료사진
1	바트로 (MD)	Koptri- 19-05-16049-1	
2	바트로 (TD)	Koptri- 19-05-16049-2	
3	홀그로 (MD)	Koptri- 19-05-16049-3	
4	홀그로 (TD)	Koptri- 19-05-16049-4	
5	서진 B&T (MD)	Koptri- 19-05-16049-5	
6	서진 B&T (TD)	Koptri- 19-05-16049-6	
7	본토 (MD)	Koptri- 19-05-16049-7	
8	본토 (TD)	Koptri- 19-05-16049-8	

Note 1) 시료 제공 : Koptri () / 의뢰자 ()

Note 2) 시료가공 : Koptri () / 의뢰자 ()

Note 3) 신청서에 기재된 시료명 : 생분해성 필름

표 2-1. 시험방법 및 시험결과 (인열강도)

시료명	시험항목	단위	시험방법	시험결과
Koptri-19-05-16049-1	인열강도	N/mm	ASTM D624	97
Koptri-19-05-16049-2	인열강도	N/mm	ASTM D624	81
Koptri-19-05-16049-3	인열강도	N/mm	ASTM D624	107
Koptri-19-05-16049-4	인열강도	N/mm	ASTM D624	92
Koptri-19-05-16049-5	인열강도	N/mm	ASTM D624	95
Koptri-19-05-16049-6	인열강도	N/mm	ASTM D624	61
Koptri-19-05-16049-7	인열강도	N/mm	ASTM D624	125
Koptri-19-05-16049-8	인열강도	N/mm	ASTM D624	93

Note) 시험속도 : 500 mm/min, 그립 간 거리 : 65 mm

표 2-2. 시험방법 및 시험결과 (인장강도,최대인장하중,연신율)

시료명	시험항목	단위	시험방법	시험결과
Koptri- 19-05-16049-1	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	16
	최대인장하중	N	ASTM D 882	3.3
	연신율	%	ASTM D 882	208
Koptri- 19-05-16049-2	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	11
	최대인장하중	N	ASTM D 882	2.2
	연신율	%	ASTM D 882	322
Koptri- 19-05-16049-3	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	16
	최대인장하중	N	ASTM D 882	2.6
	연신율	%	ASTM D 882	206
Koptri- 19-05-16049-4	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	15
	최대인장하중	N	ASTM D 882	3.0
	연신율	%	ASTM D 882	408
Koptri- 19-05-16049-5	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	24
	최대인장하중	N	ASTM D 882	3.5
	연신율	%	ASTM D 882	96
Koptri- 19-05-16049-6	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	12
	최대인장하중	N	ASTM D 882	1.7
	연신율	%	ASTM D 882	265
Koptri- 19-05-16049-7	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	23
	최대인장하중	N	ASTM D 882	2.9
	연신율	%	ASTM D 882	421
Koptri- 19-05-16049-8	인장강도	N/mm ²	ASTM D 882	15
	최대인장하중	N	ASTM D 882	2.2
	연신율	%	ASTM D 882	598

Note1) 시험속도 : 500 mm/min 그립 간 거리 : 50 mm

***Raw data**

1. 시험 조건

1-1. 인열강도

- (1) 시험방법 : ASTM D624 (Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers)
- (2) 시험기기 : Universal Testing Machine(Instron3367)
- (3) 시험속도 : 500 mm/min
- (4) 그립 간 거리 : 65 mm
- (5) 로드셀 :500 N
- (6) 시험환경 : (23±2) °C, (50±5) % R.H.

1-2. 인장강도,연신율

- (1) 시험방법 : ASTM D 882 (Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting)
- (2) 시험기기 : Universal Testing Machine(Instron3367)
- (3) 시험속도 : 500 mm/min
- (4) 그립 간 거리 :50 mm
- (5) 로드셀:500 N
- (6) 시험환경 :(23 ±2) °C, (50 ±5) % R.H.
- (7) 시료크기

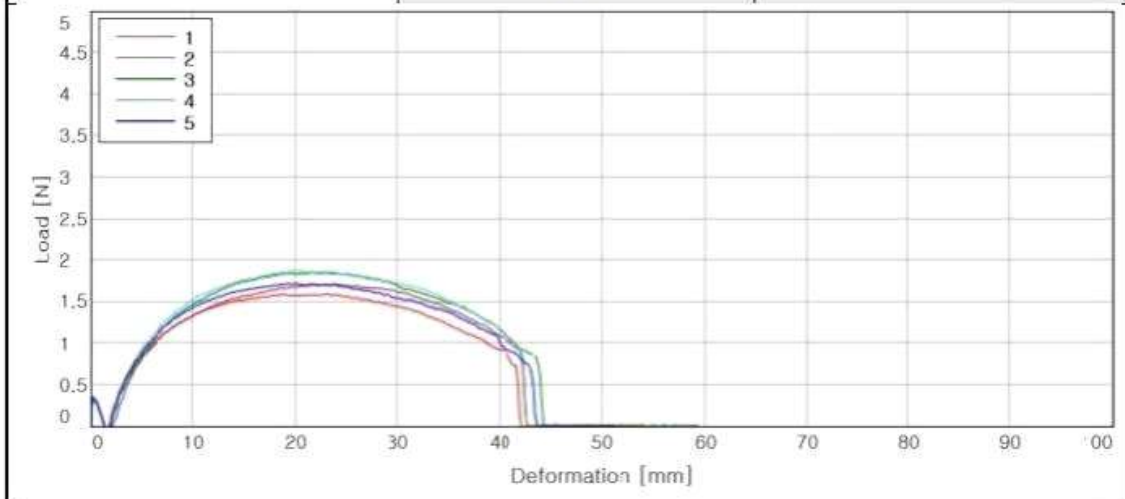
시료명	폭 (mm)	두께 (mm)
Koptri-19-05-16049-1	11.20±1.0	0.018±0.001
Koptri-19-05-16049-2	10.57±1.2	0.018±0.001
Koptri-19-05-16049-3	10.77±0.9	0.018±0.001
Koptri-19-05-16049-4	10.01±1.1	0.018±0.001
Koptri-19-05-16049-5	9.92±1.0	0.014±0.001
Koptri-19-05-16049-6	11.11±1.5	0.014±0.001
Koptri-19-05-16049-7	10.00±0.9	0.012±0.001
Koptri-19-05-16049-8	10.01±1.1	0.012±0.001

2. 시험 결과

2-1. 인열강도 시험 결과

표 3-1. 인열강도 시험결과

시료명	Run	인열강도 (N/mm)
Koptri- 19-05-16049-1	1	88.0
	2	94.6
	3	102.8
	4	103.3
	5	94.5
	SD	6.5
	CV (%)	6.68
	평균	96.6

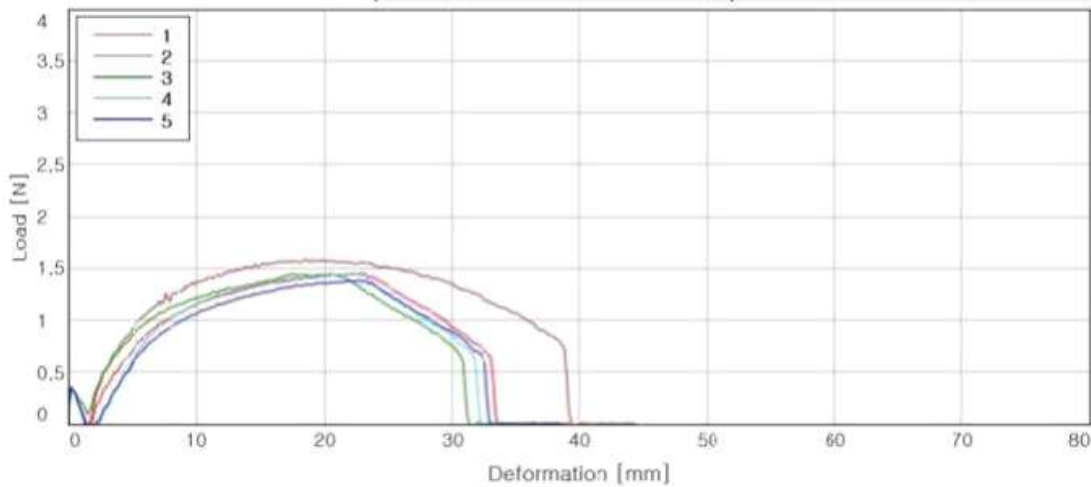


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 3-2. 인열강도 시험결과

시료명	Run	인열강도 (N/mm)
Koptri- 19-05-16049-2	1	79.9
	2	87.5
	3	79.4
	4	79.7
	5	76.0
	SD	4.2
	CV (%)	5.23
	평균	80.5

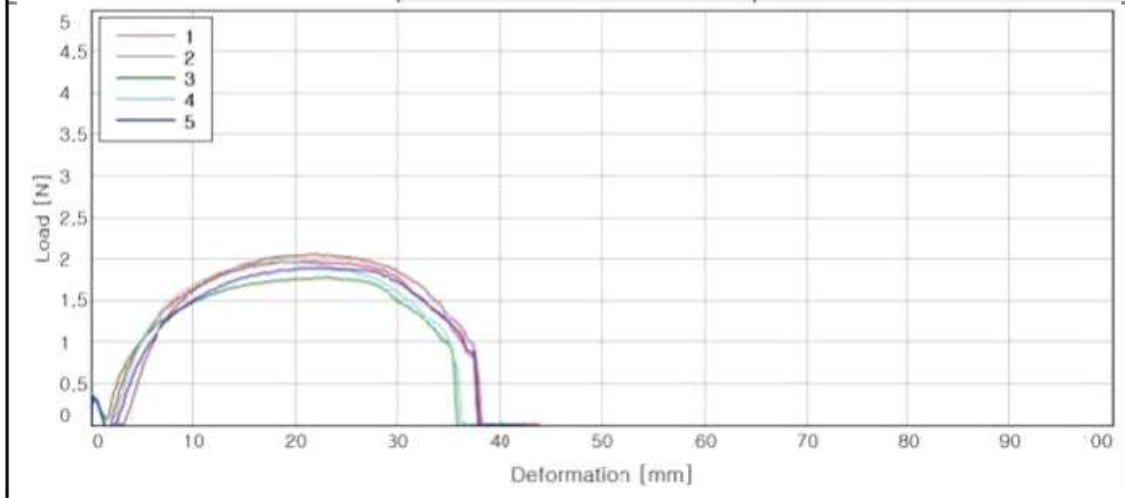


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 3-3. 인열강도 시험결과

시료명	Run	인열강도 (N/mm)
Koptri- 19-05-16049-3	1	109.5
	2	114.3
	3	98.3
	4	109.5
	5	105.0
	SD	6.0
	CV (%)	5.63
	평균	107.3

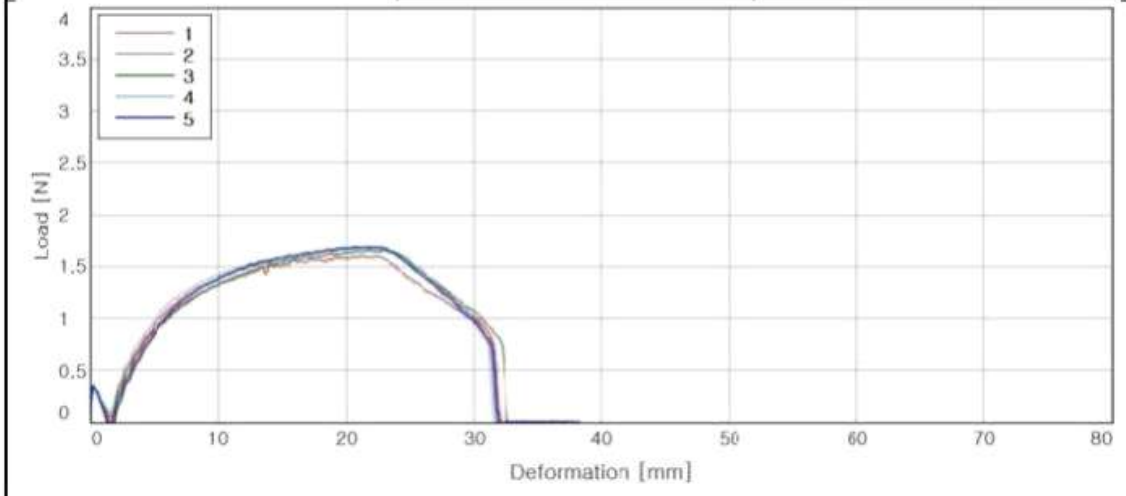


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 3-4. 인열강도 시험결과

시료명	Run	인열강도 (N/mm)
Koptri- 19-05-16049-4	1	93.9
	2	88.0
	3	91.9
	4	93.1
	5	93.5
	SD	2.4
	CV (%)	2.63
	평균	92.1

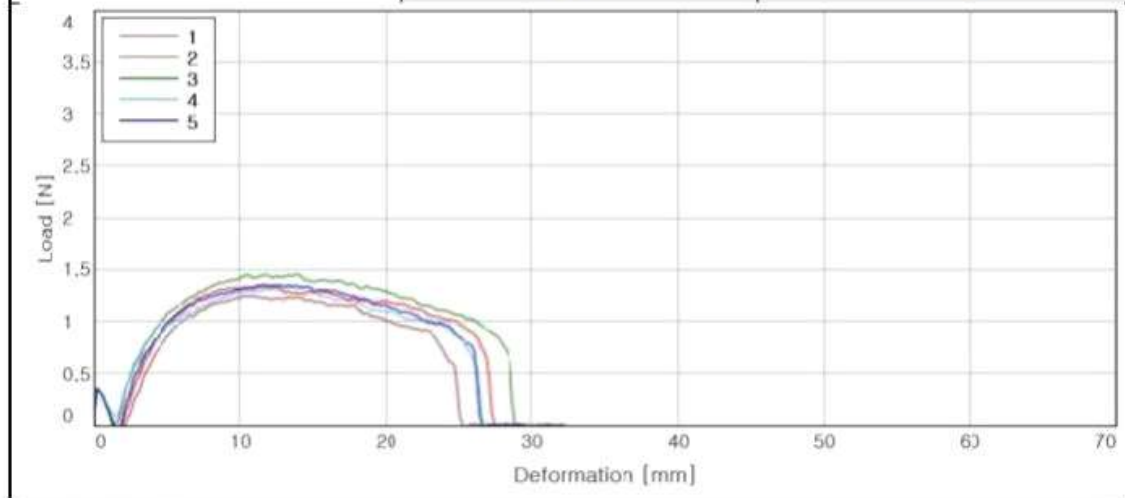


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 3-5. 인열강도 시험결과

시료명	Run	인열강도 (N/mm)
Koptri- 19-05-16049-5	1	94.2
	2	87.7
	3	101.7
	4	93.8
	5	96.6
	SD	5.1
	CV (%)	5.33
	평균	94.8

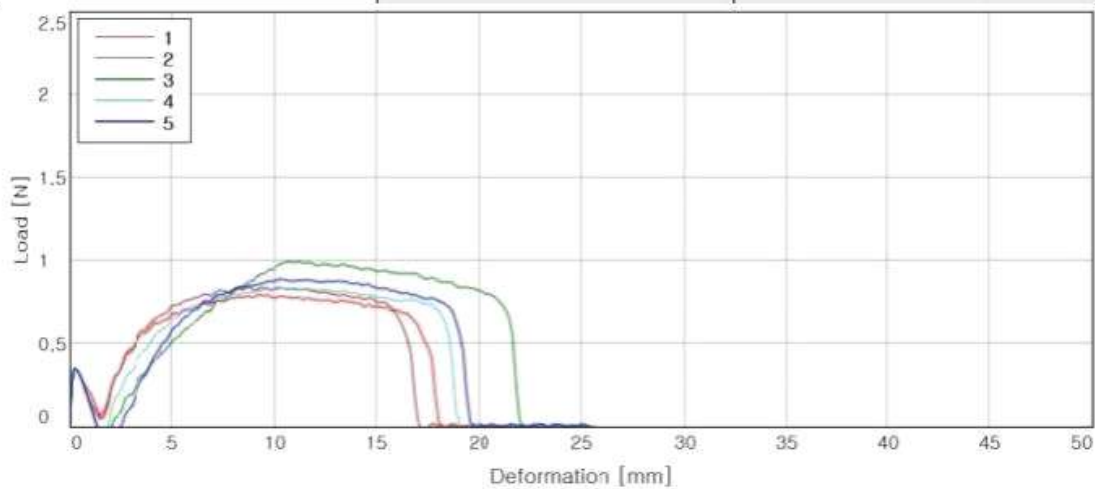


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 3-6. 인열강도 시험결과

시료명	Run	인열강도 (N/mm)
Koptri- 19-05-16049-6	1	55.7
	2	59.4
	3	69.5
	4	59.4
	5	63.1
	SD	5.2
	CV (%)	8.50
	평균	61.4

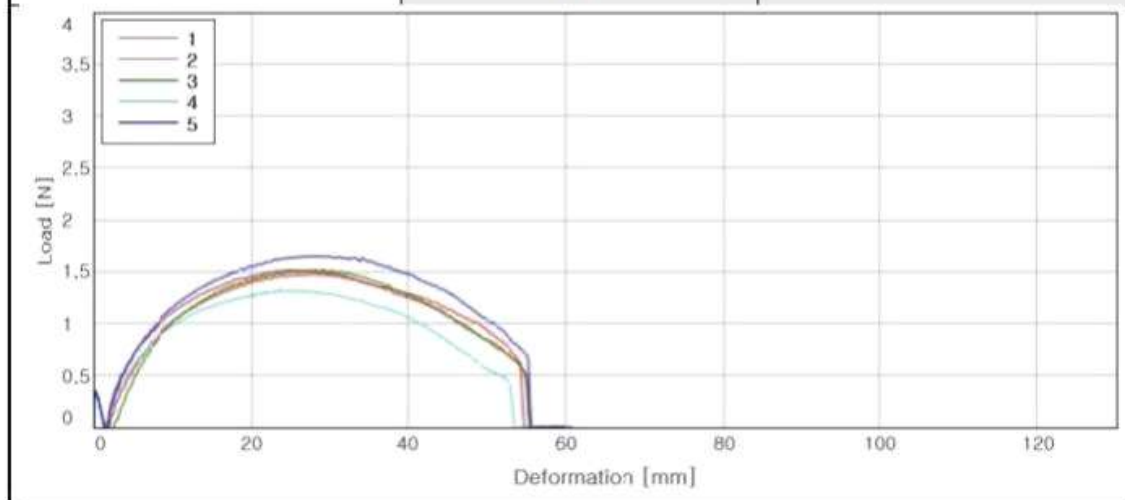


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 3-7. 인열강도 시험결과

시료명	Run	인열강도 (N/mm)
Koptri- 19-05-16049-7	1	122.9
	2	125.8
	3	126.0
	4	110.0
	5	137.7
	SD	1.5
	CV (%)	1.17
	평균	124.5

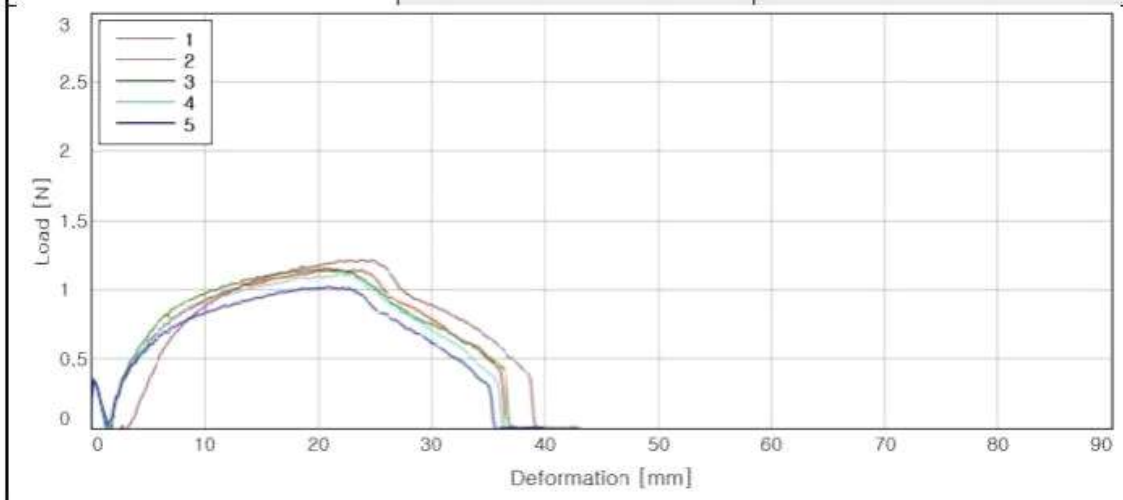


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 3-8. 인열강도 시험결과

시료명	Run	인열강도 (N/mm)
Koptri- 19-05-16049-8	1	94.8
	2	100.9
	3	95.4
	4	91.4
	5	84.2
	SD	6.2
	CV (%)	6.59
	평균	93.3



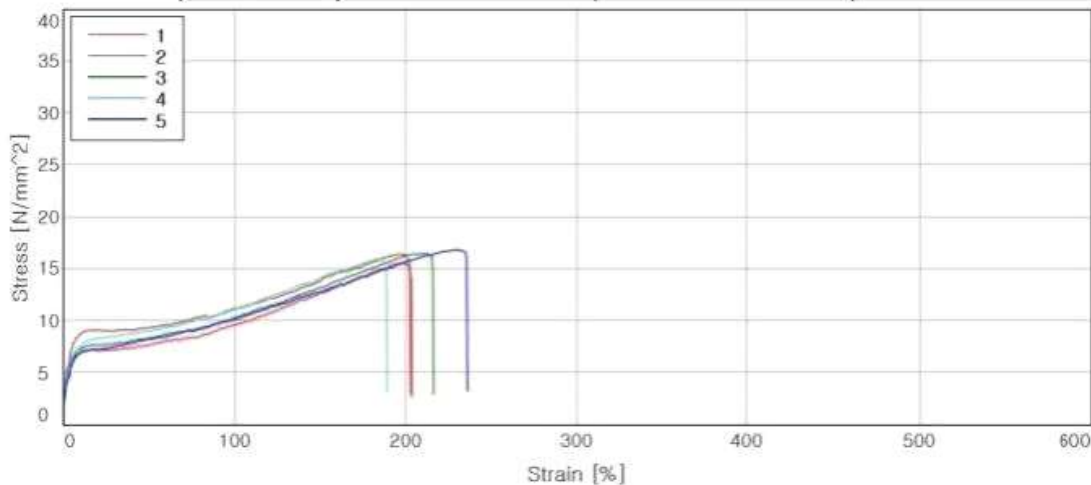
SD : Standard deviation

CV.: Coefficient of variation=(SD/average)x100

2-2. 인장시험 결과

표 4-1. 인장강도, 연신율 시험 결과

시료명	Run	최대인장하중 (N)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)
Koptri- 19-05-16049-1	1	2.88	15.5	202.4
	2	3.50	16.3	201.7
	3	3.22	16.4	215.0
	4	2.96	15.9	188.0
	5	3.80	16.8	234.7
	SD	0.38	0.48	17.6
	CV(%)	11.71	2.99	8.42
	평균	3.27	16.2	208.4

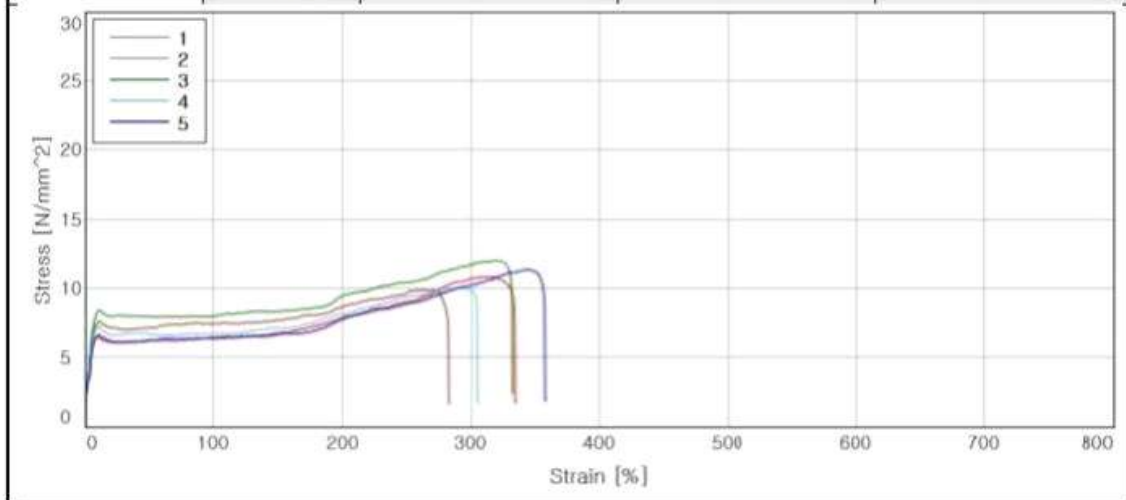


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 4-2. 인장강도, 연신율 시험 결과

시료명	Run	최대인장하중 (N)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)
Koptri- 19-05-16049-2	1	2.27	10.8	333.7
	2	2.04	9.8	281.7
	3	2.70	12.0	331.7
	4	1.90	10.0	304.0
	5	2.20	11.4	356.7
	SD	0.30	0.92	29.1
	CV(%)	13.62	8.53	9.04
	평균	2.22	10.8	321.6

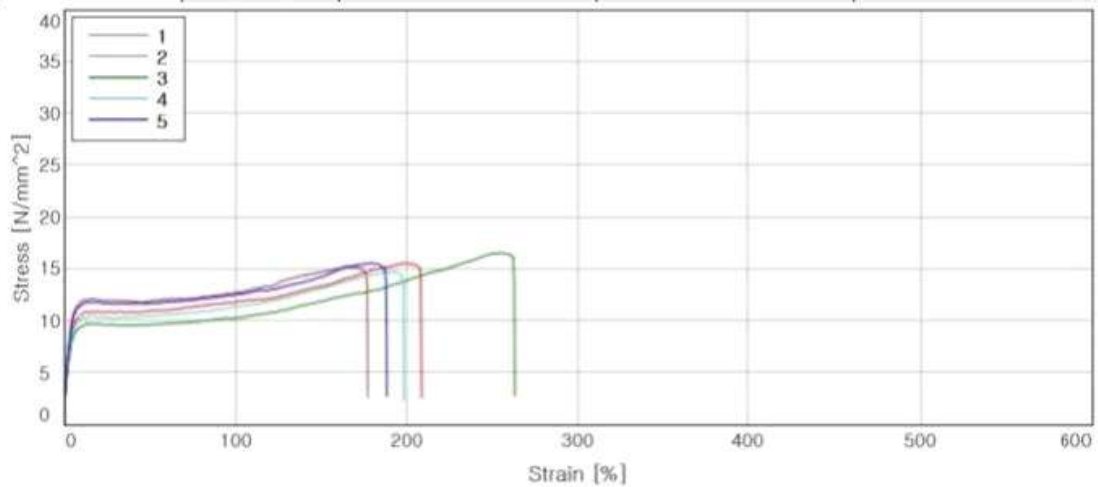


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 4-3. 인장강도, 연신율 시험 결과

시료명	Run	최대인장하중 (N)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)
Koptri- 19-05-16049-3	1	2.70	15.5	207.4
	2	2.59	15.2	175.7
	3	3.07	16.5	262.0
	4	2.31	14.6	197.4
	5	2.52	15.6	187.0
	SD	0.28	0.67	33.5
	CV(%)	10.65	4.35	16.28
	평균	2.64	15.5	205.9

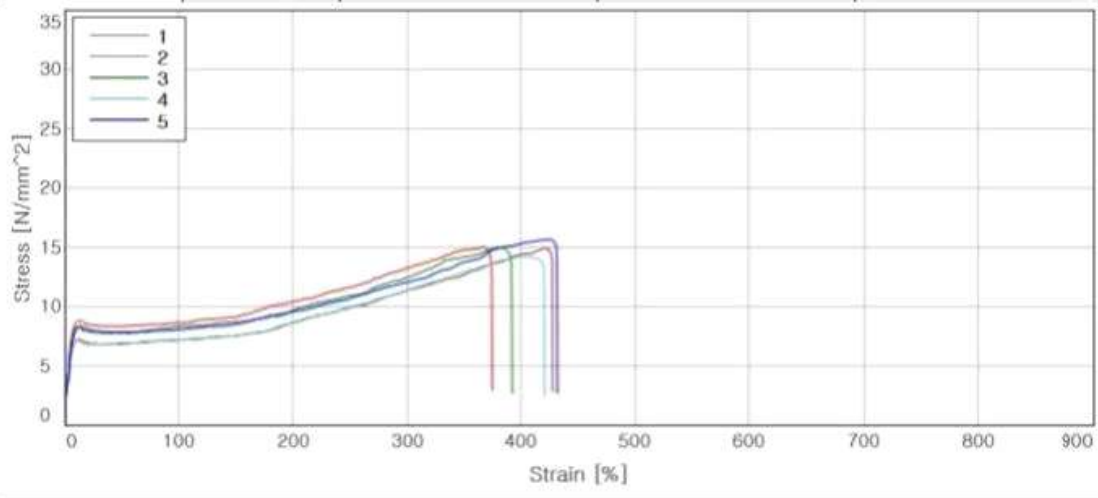


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 4-4. 인장강도,연신율 시험 결과

시료명	Run	최대인장하중 (N)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)
Koptri- 19-05-16049-4	1	3.05	15.0	373.4
	2	3.03	14.8	425.4
	3	3.06	15.0	390.4
	4	2.82	14.2	418.7
	5	3.26	15.7	429.7
	SD	0.16	0.52	24.48
	CV(%)	5.20	3.45	6.01
	평균	3.04	14.9	407.5

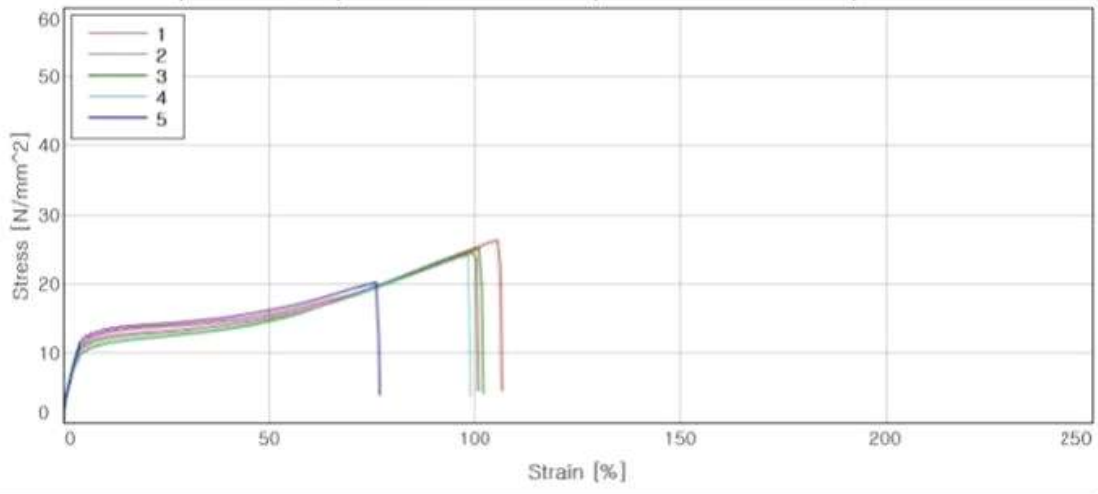


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 4-5. 인장강도, 연신율 시험 결과

시료명	Run	최대인장하중 (N)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)
Koptri- 19-05-16049-5	1	4.00	26.4	106.0
	2	3.68	24.6	100.0
	3	3.70	25.1	101.0
	4	3.26	24.1	98.0
	5	2.74	20.2	76.4
	SD	0.49	2.33	11.53
	CV(%)	14.08	9.66	11.97
	평균	3.48	24.1	96.3

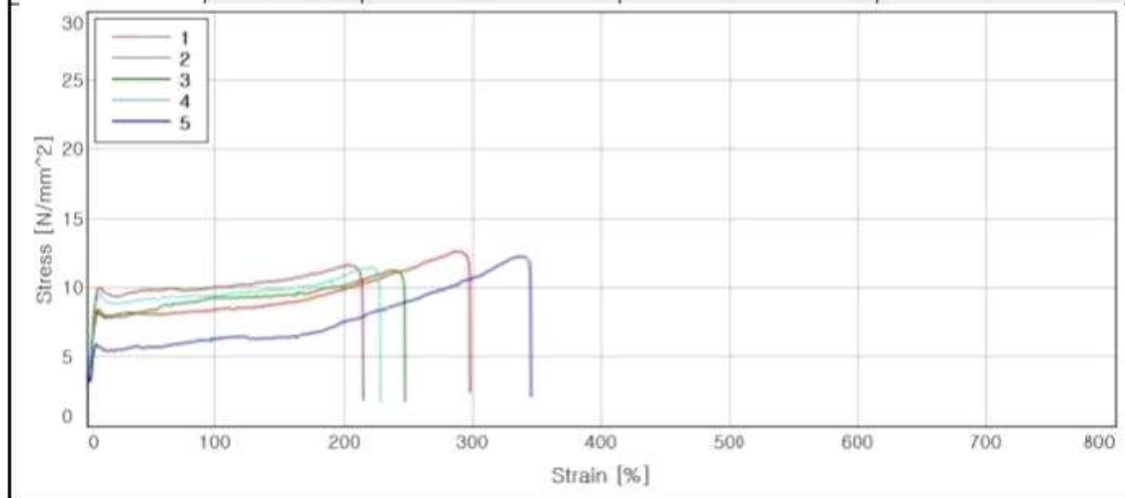


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 4-6. 인장강도, 연신율 시험 결과

시료명	Run	최대인장하중 (N)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)
Koptri- 19-05-16049-6	1	1.87	12.7	296.7
	2	1.70	11.7	213.0
	3	1.55	11.2	246.4
	4	1.50	11.5	226.4
	5	1.67	12.3	344.4
	SD	0.15	0.60	54.4
	CV(%)	8.86	5.05	20.51
	평균	1.66	11.9	265.4

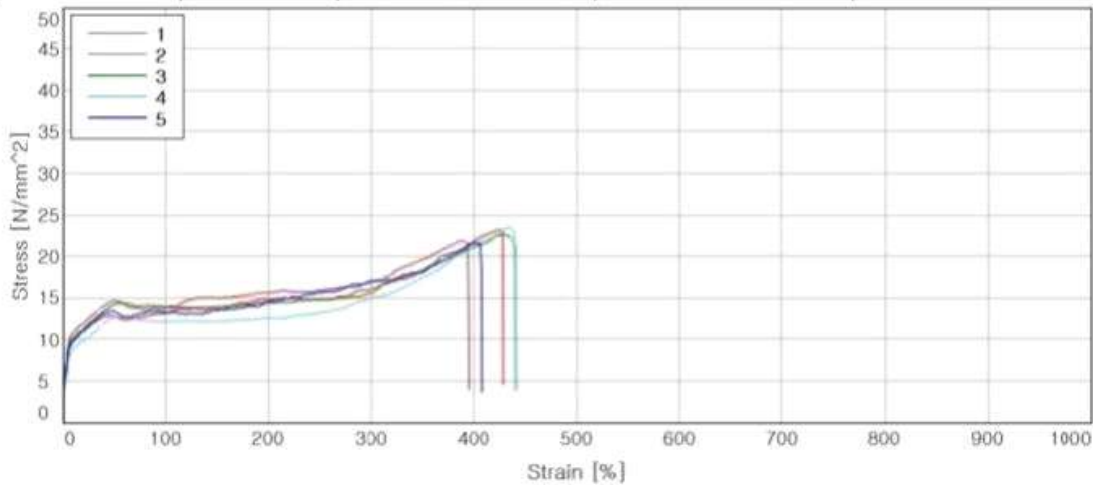


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 4-7. 인장강도, 연신율 시험 결과

시료명	Run	최대인장하중 (N)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)
Koptri- 19-05-16049-7	1	3.38	23.3	427.4
	2	2.66	21.9	393.7
	3	2.79	22.7	439.7
	4	3.15	23.5	439.0
	5	2.57	21.7	406.4
	SD	0.34	0.80	20.7
	CV(%)	11.82	3.52	4.86
	평균	2.91	22.6	421.2

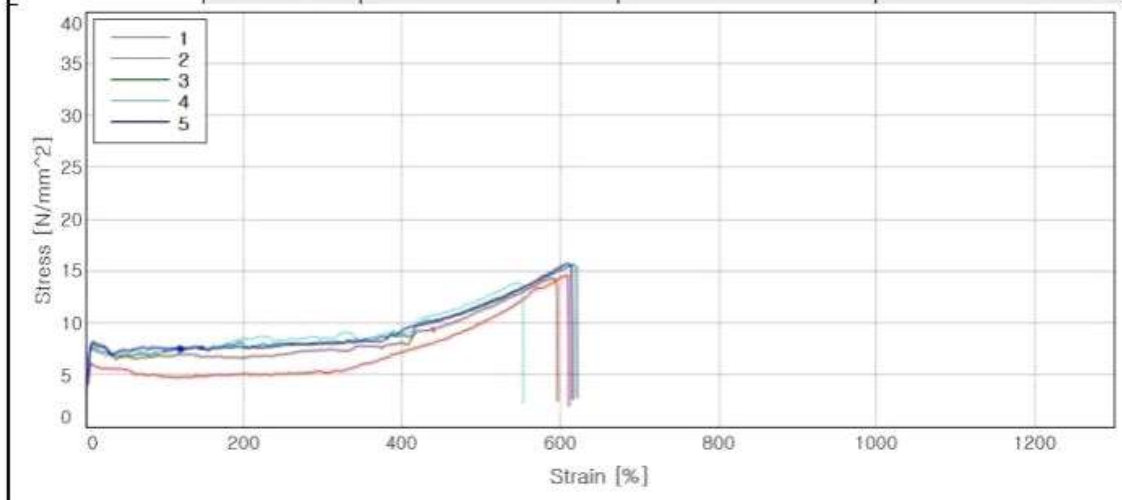


SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

표 4-8. 인장강도, 연신율 시험 결과

시료명	Run	최대인장하중 (N)	인장강도 (N/mm ²)	연신율 (%)
Koptri- 19-05-16049-8	1	2.05	14.6	609.7
	2	2.05	14.3	595.4
	3	2.47	15.6	619.7
	4	2.03	13.9	552.7
	5	2.58	15.7	614.0
	SD	0.27	0.81	27.0
	CV(%)	11.93	5.43	4.52
	평균	2.24	14.8	598.3



SD : Standard deviation

CV : Coefficient of variation=(SD/average)x100

끝.

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

- 가. 주요 발작물(콩, 옥수수, 감자, 고구마, 마늘, 양파, 고추, 무, 배추)을 대상으로 유통 중인 멀칭필름의 성능 발현 실증실험
- 나. 제품에서 정한 기간에 따른 분해 여부, 분해 후 토양 잔류 확인
- 다. 관행 PE 멀칭필름과 생분해 멀칭필름의 물리적 품질특성 비교분석
- 라. 생분해 멀칭필름별 토양 중 생분해도 및 미생물 활성 평가
- 마. 생분해 멀칭필름 규격서 작성

3-2. 목표 달성여부

- 가. 주요 발작물(콩, 옥수수, 감자, 고구마, 마늘, 양파, 고추, 무, 배추)을 대상으로 유통 중인 멀칭필름의 성능 발현 실증실험 : **달성**
- 나. 제품에서 정한 기간에 따른 분해 여부, 분해 후 토양 잔류 확인 : **달성**
- 다. 관행 PE 멀칭필름과 생분해 멀칭필름의 물리적 품질특성 비교분석 : **달성**
- 라. 생분해 멀칭필름별 토양 중 생분해도 및 미생물 활성 평가 : **달성**
- 마. 생분해 멀칭필름 규격서 작성 : **달성**

4. 연구결과의 활용 계획 등

본 연구는 환경보전과 농촌 고령화에 따른 노동력 부족 등의 문제를 해결하기 위한 생분해성 멀칭필름의 보급확대를 위한 정책을 수립하고자 작물별 적용가능 여부, 유통 생분해성 필름의 성능발현 여부, 환경에 미치는 영향 등에 대한 자료를 제공하고 불량 제품 사용으로 저하된 농가의 신뢰도를 회복하고 피해를 방지하고자 농업용 생분해성 멀칭필름의 품질규격을 제안하고자 하는 과제로 다음과 같이 활용하고자 함

가. 농가홍보

- 재배단지 시범사업을 통한 평가회

나. 생분해성 필름의 현장실증 시험

- 적용 작물의 다양화를 위해 작물별, 재배 작형별 실증시험 지속 추진확대

다. 정책활용

- 생분해성 멀칭필름 확대보급을 위한 보조금 지원 등

라. 기타

- 농업용 생분해성 멀칭필름의 단체표준 제정을 위한 품질규격 제안

붙임. 참고문헌

1. 토양화학 분석법, 2010, 농촌진흥청.
2. 농업과학기술 연구조사분석기준, 2012, 농촌진흥청.
3. 박광역, 임수정. 2016. BDP수지와 무기영양소를 이용, 분해기간 조절이 가능한 생분해성 농업용 멀칭필름 개발 및 적용기술 개발, 농림기술사업 최종보고서, 농림축산식품부

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 농업용 생분해성 멀칭필름 실증실험				
	(영문) A Field Study on the Bio-degradable Mulch-film for Agricultural Applications				
주관연구기관	강원도농업기술원		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 연구개발국 환경농업연구과	
참 여 기 업	일신화학공업(주)			(성명) 허 수 정	
총연구개발비 (337,000천원)	계	337,000	총 연 구 기 간	2019. 8.~2020.12.(1년 5월)	
	정부출연 연구개발비	265,000	총 참 여 연구 원 수	총 인 원	13
	기업부담금	72,000		내부인원	13
	연구기관부담금	-		외부인원	0

○ 연구개발 목표 및 성과

가. 연구개발 목표

영농에 사용하는 기존의 멀칭필름을 대신할 수 있도록 개발된 시중 유통 농업용 생분해성 멀칭필름의 규격 성능 발현 현장시험과 품질특성 분석을 통한 품질규격 제안으로 농가 신뢰도를 제고하여, 환경오염을 줄이고 고령화 농촌의 노동력 절감 등 사회적 비용 절감을 위한 보급확대 정책자료를 제시

나. 연구개발 성과

- 생분해성 멀칭필름 적용 작물재배 현장평가회를 통한 홍보
- 현장실증 시험 결과 학술발표 및 농가활용 지도자료 제시
- 유통 생분해필름의 품질분석을 통한 생분해 필름 품질 규격서 작성
- 생분해성 멀칭필름 농가 보급확대를 위한 구매대금 보조 정책제안

○ 연구내용 및 결과

1. 주요 발작물을 대상으로 유통 중인 멀칭필름의 성능 발현 실증실험을 통한 검증
 - 콩, 옥수수, 감자, 고구마, 마늘, 양파, 고추, 무, 배추
2. 제품에서 정한 기간에 따른 분해 여부, 분해 후 토양 잔류 확인
3. 관행 PE 멀칭필름과 생분해 멀칭필름의 물리적 품질특성 비교분석
4. 생분해 멀칭필름별 토양 중 생분해도 및 미생물 활성 평가

○ 연구성과 활용실적 및 계획

1. 생분해 필름 품질규격 제안(품질 인증)
2. 친환경자재 보급사업 등 정책자료 활용
2. 생분해성 멀칭필름 성능 신뢰도 향상을 통한 농가보급 확대
3. 농업용 멀칭폐비닐 발생 감축을 통한 수거·재생처리 비용 절감 및 환경보전
4. 영농 후 멀칭필름 수거작업 생략에 따른 노동력 절감

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		319101-02	
사업구분	지정공모사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	농축산자재산업화기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	농업용 생분해성 멀칭필름 실증실험			과제유형	(응용)
연구기관	강원도농업기술원			연구책임자	허수정
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2019.8.30.~12.31.	146,000	32,000	146,000
	2차연도	2020. 1.1~12.31.	119,000	40,000	119,000
	3차연도				
	4차연도				
	5차연도				
	계		265,000	72,000	337,000
참여기업	일신화학공업(주)				
상대국				상대국연구기관	

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020. 11. 13.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
환경농업연구과	농업연구사	허수정

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약 

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구는 생분해성 멀칭필름의 사용이 환경보전과 농촌 노동력 절감이라는 차원에서 볼 때 미래지향적이며 반드시 나아가야 할 방향으로 보급확대를 위한 실증시험 자료를 제시하고 필름의 신뢰도를 높일 수 있는 농업용 생분해 필름의 품질규격을 제시하는 등 실질적인 자료를 제공

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구에서 도출된 결과는 기존에 보급된 품질 미달의 생분해필름에 대한 부정적 인식을 개선하고 품질 규격제안을 통해 인증 받은 제품유통으로 농가피해 방지할 수 있음

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본연구의 결과를 바탕으로 환경보전, 농촌 노동력 절감 등의 공익적 차원의 정책지원으로 보급 확대가 가능할 것으로 기대

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

본 연구는 9개 작물의 서로 다른 작형과 재배시기 등의 어려움에도 주산단지에서 재배농가에서의 실증 재배시험을 수행하여 신뢰도를 제고할 수 있었으며, 유통 생분해성 필름의 품질 평가를 통해 한국프라스틱협회와의 협력을 통해 단체표준제정을 위해 노력하는 등 성실하게 연구를 수행하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

1. 국내 학술발표

- 2020. 한국토양비료학회 정기학술대회, 강원도농업기술원(2건)

2. 현장 평가회

- 2020. 6., 양파, 마늘 생분해성 멀칭필름 현장평가회, 원주
- 2020. 7., 감자 생분해성 멀칭필름 현장평가회, 춘천

3. 교육자료

- 2020. 12., 생분해성 멀칭필름을 이용한 작물재배
- 2020. 12., 생분해성 멀칭필름의 농도력 절감효과

4. 정책제안

- 2020. 12., 농림축산식품부, 생분해성 멀칭필름 구매보조금 지원

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
주요 발작물(콩, 옥수수, 감자, 고구마, 마늘, 양파, 고추, 무, 배추)을 대상으로 유통 중인 멀칭필름의 성능 발현 실증실험	40	100	9개 작물에 관행필름과 생분해필름을 적용하여 재배시험을 수행하였고 작물별로 적용가능, 기술보완 등의 결과를 얻음
제품에서 정한 기간에 따른 분해 여부, 분해 후 토양 잔류 확인	15	100	작물별 유통 생분해필름 4-5종에 대한 재배기간 중 분해도는 대부분 만족했으나 일부 제품은 선형붕괴 또는 토양 내에서 분해가 되지 않았고, 재배 후 토양 화학성변화나 유해중금속 잔류는 관찰되지 않았음
관행 PE 멀칭필름과 생분해 멀칭필름의 물리적 품질특성 비교분석	15	100	유통 생분해필름 중 1개회사 제품은 생분해필름은 생분해수지가 아닌 제품으로 물리적 특성이 일반 관행필름과 유사하였음.
생분해 멀칭필름별 토양 중 생분해도 및 미생물 활성 평가	15	100	유통 생분해필름 중 1개회사 제품은 생분해필름은 토양중 분해가 이루어지지 않는 것으로 관찰되어 생분해 필름이 아닌 것으로 판단됨.
생분해 멀칭필름 규격서 작성	15	100	본 연구의 결과를 바탕으로 농업용 생분해성 멀칭필름의 단체표준 제정을 위한 품질규격서 작성
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구는 환경보전과 농촌 고령화에 따른 노동력 부족 등의 문제를 해결하기 위한 생분해성 멀칭필름의 보급확대를 위한 정책을 수립하고자 작물별 적용가능 여부, 유통 생분해성 필름의 성능발현 여부, 환경에 미치는 영향 등에 대한 자료를 제공하고 불량 제품 사용으로 저하된 농가의 신뢰도를 회복하고 피해를 방지하고자 농업용 생분해성 멀칭필름의 품질규격을 제안하고자 하는 과제로 농가 현장평가회를 통한 홍보 등을 통한 신뢰도 제고, 품질규격 제안, 농기 구입보조금 지원 등을 제안 하였음.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 특기 사항 없음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 1. 농업용 생분해성 멀칭필름 확대보급을 위한 정책자료 활용
- 2. 농가작물 재배형태에 맞는 생분해성 멀칭필름의 규격 다양화를 위한 제품개발 연구진행

IV. 보안성 검토

- 일반과제
 - 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정' 제 24조의 4에 해당하지 않음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

- 특기 사항 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

- 특기 사항 없음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input checked="" type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	농축산자재산업화기술개발사업	
연구과제명	농업용 생분해성 멀칭필름 실증실험			
주관연구기관	강원도농업기술원	주관연구책임자	허수정	
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	265,000천원	72,000천원	-	337,000천원
연구개발기간	2019. 8. 30. ~ 2020. 12. 31.			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input checked="" type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input checked="" type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 주요 발작물(콩, 옥수수, 감자, 고구마, 마늘, 양파, 고추, 무, 배추)을 대상으로 유통 중인 멀칭필름의 성능 발현 실증실험	9개 작물에 관행필름과 생분해필름을 적용하여 재배시험을 수행하였고 작물별로 적용가능, 기술보완 등의 결과를 얻음 콩(평창), 옥수수(영월, 춘천), 감자(춘천), 고구마(원주), 마늘(원주), 양파(원주), 고추(춘천), 무(춘천), 배추(춘천)
② 제품에서 정한 기간에 따른 분해 여부, 분해 후 토양 잔류 확인	작물별 유통 생분해필름 4~5종에 대한 재배기간 중 분해도는 대부분 만족했으나 일부 제품은 선형 붕괴 또는 토양 내에서 분해가 되지 않았고, 재배 후 토양 화학성변화나 유해중금속 잔류는 관찰되지 않았음
③ 관행 PE 멀칭필름과 생분해 멀칭필름의 물리적 품질특성 비교분석	유통 생분해필름 중 1개회사 제품은 생분해필름은 생분해수지가 아닌 제품으로 물리적 특성이 일반 관행필름과 유사하였음.
④ 생분해 멀칭필름별 토양 중 생분해도 및 미생물 활성 평가	유통 생분해필름 중 1개회사 제품은 생분해필름은 토양중 분해가 이루어지지 않는 것으로 관찰되어 생분해필름이 아닌 것으로 판단됨.
⑤ 생분해 멀칭필름 규격서 작성	본 연구의 결과를 바탕으로 농업용 생분해성 멀칭필름의 단체표준 제정을 위한 품질규격서 작성

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치													20			40	40			
최종목표												2	5			1	5			
연간내 달성실적													2			1	6			
달성율(%)												0	40			100	100			

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	주요 발작물 9종에 대한 현장 실증 보고서 작성
②	유통 생분해성 멀칭필름의 물리적 특성, 생분해도 분석을 통한 품질규격서 작성

5. 연구결과별 기술적 수준

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

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	농업용 생분해성 멀칭필름 보급확대를 위한 정책자료 활용
②의 기술	농업용 생분해성 멀칭필름의 단체표준 제정을 통한 불량제품 유통에 따른 피해방지

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치													20			40	40		
최종목표												2		5			1	5	
연구기간내 달성실적														2			1	6	
연구종료후 성과창출 계획												2		3					

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화예상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

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