

전략 체계	지속 - 4 - 3		구 분	완결	
기술분야코드	V3	기술유형코드	E02	작목구분코드	IC01, FC05
과 제 종 류	기관고유		과제번호	LP004581	
과 제 명	지속가능한 농업환경 보전을 위한 현장실용화 연구				
과 제 책임자	성 명		직 급	소속기관 및 부서	
	서 영 호		농업연구사	강원도원 농업환경연구과	
연 구 기 간	2021 ~ 2022		참여연구기관	-	
세부과제명			부 서	세부책임자	연구기간
생분해성 멀칭필름 현장실용화 연구			농업환경연구과	임수정	'21~'22
색 인 용 어	생분해, 멀칭필름, 콩, 땅콩, 고구마				

ABSTRACT

In this study, in order to solve the problems of post-harvest mulching film collection labor reduction and waste plastic treatment, which are the cause of rural environment pollution, using a recently developed biodegradable film to treat soybeans, cabbage, sweet potatoes, peanuts, etc. This study was conducted to investigate the effect on growth and yield and safety on the environment, and to examine the possibility of using it as a coating material. When using biodegradable mulching film, cabbage yield and residual nutrients in the soil after cultivation were somewhat high. Potatoes appear to show differences in yield depending on the meteorological environment of the late stage of growth and harvest. In the case of double cropping of cabbage and beans, the crop growth period was longer than 6 months, so a 0.02 mm thick film was used and the mulching effect was maintained during the growing period, so double cropping was possible. In the case of corn and perilla double cropping, films of 0.015 mm and 0.02 mm thickness were used, and the mulching effect was maintained during the growing period. dropped somewhat. In the case of peanut, the 0.018mm biodegradable film was the heaviest, but the 0.015mm film was heavy during the harvest season, which is thought to be due to the smooth air circulation in the film when the underground growth was vigorous after summer. Sweet potato shows a similar growth curve except for uncoated, so it is thought that biodegradable film can be applied to peanuts and sweet potatoes.

멀칭은 농작물 재배 시 잡초방제를 위하여 널리 이용되는 농자재다. 우리나라에서는 1980년 이전까지만 해도 볏짚 등의 초목류를 이용하였고, 폴리에틸렌 필름이나 종이류를 개발·이용하였다(Jeon et al., 2006). 작물재배 시 멀칭은 잡초생육을 억제하는 효과뿐만 아니라 양분유실 저감, 지온상승 등 다양한 효과가 보고된 바 있다(Kwon and Lee, 1984). 특히 폴리에틸렌 멀칭은 온도가 낮은 시기에 지온 상승에 의한 작물 수량증진 효과가 있다고 하였다 (Lim et al., 1988). 그러나 대기온도가 높은 시기의 멀칭은 높은 토양 온도 상승에 의해 작물의 수량이 오히려 감소된다는 보고도 있다(Miller, 1986). 따라서 대기온도가 낮은 봄에는 흑색멀칭이 토양 온도 상승에 효과적이고(Hatt et al., 1995), 여름에는 과도한 온도 상승을 억제하는 흰색 멀칭이 흑색멀칭보다 작물수량 증수에 효과가 있다고 하였다(Schalk and Robbins, 1987).

그러나 비닐피복재배는 이러한 장점 외에 몇 가지 문제점을 안고 있다. 작물을 폴리에틸렌 필름으로 멀칭 하여 재배 할 경우 수확작업 후 비닐을 걷어야 하는데, 이때 흙속에 묻혀있거나 토양표면에 엉켜 붙은 비닐을 수거하는데 많은 노동력이 든다. 이외에도 토양에 남은 비닐은 분해되는데 오랜 기간이 걸려 토양오염 및 환경오염을 야기시키기도 하며, 밭 주위에 방치되어 농촌경관을 훼손하기도 한다.

각 지자체와 정부는 해마다 폐비닐 수거에 많은 노력과 비용을 지불하는 실정이다. 폴리에틸렌 필름은 소각이나 매립 할 경우 환경호르몬 유출, 다이옥신 발생 등 사회적 문제를 야기하고 있다(Gracia et al., 1992). 따라서 현재 농업용 멀칭재료는 폴리에틸렌 필름의 이러한 문제점을 해결 하기 위해 물성은 폴리에틸렌 필름과 같으면서 사용 후에 미생물, 광선, 지열 등에 의해 쉽게 분해될 수 있는 환경 친화적이고 무해한 분해성 필름개발에 대한 요구가 높아지고 있다(Jung et al., 1999).

분해성 플라스틱은 제조에 사용되는 소재와 분해되는 반응에 따라 생분괴성, 광분해성, 생분해성으로 나누어진다(Doane, 1992). 생분괴성 플라스틱이란 기본적으로 폴리에틸렌 등에 전분과 같은 미생물에 의해 분해 가능한 물질을 일정 부분 첨가하여 붕괴되는 특성을 가지고 있다. 그러나 이러한 플라스틱은 붕괴성은 인정되지만, 완전한 생분해성의 의미로 볼 수는 없으며, 분해가되지 않은 플라스틱은 토양 혹은 그 주변에서 오염물질로 작용 할 수 있다. 광분해성 플라스틱은 태양광의 작용에 의해 분해되는 플라스틱을 말하며, 폴리에틸렌 필름에 광 증감제, 금속화합물 등이 첨가되어 분해 중에 환경오염을 일으킬 우려가 있어 적합한 방법이라 볼 수 없다(Scott, 1990). 생분해성 필름은 미생물이 생산하는 바이오플라스틱, 전분이나 지방족 폴리에스테르 등의 천연소재를 주성분으로 하여 제조하는 것과 여기에 분해성을 부여한 화학합성 플라스틱으로 분류할 수 있다(Shin et al., 1995). 이들은 모두 땅속에 묻거나 바다 속에 버려 두면 세균이나 조류, 곰팡이와 같은 자연에 존재하는 미생물에 의해 분해되어 저분자 화합물이 되었다가 최종적으로 물과 이산화탄소 또는 물과 메탄가스로 분해가 이루어진다.

본 연구는 수확 후 멀칭비닐의 수거 노동력 저감과 농촌환경 오염의 원인이 되고 있는 폐비닐

처리 등의 문제를 해결하기 위하여, 최근 개발된 생분해성 필름을 사용하여 작물별 생육과 수량에 미치는 영향과 환경에 대한 안전성을 구명하고, 피복재료로의 이용 가능성을 검토하고자 수행하였다.

2 재료 및 방법

본 시험은 2021년 평창, 횡성, 영월에서 생분해성 멀칭필름의 생력화 실증시험(시험1)을 수행하였고, 2021~2022년에는 춘천에서 양배추, 감자, 배추+콩, 옥수수+들깨, 고구마, 땅콩에 대한 적용작물 확대 시험(시험 2)을 수행하였다. 각 년도별 시험작물 경종개요는 표 1과 같다.

<표 1> 사용된 생분해성 필름의 두께 및 작물별 경종개요

연도	지역	필름규격	작물명	경종개요	
'21	평창	0.015mm	콩	- 파종: 6월 하, 수확: 10월 하	
			배추+콩	- (배추) 정식: 4월 하, 수확 6월 하 - (콩) 파종: 6월 하, 수확: 10월 하	
	횡성	0.02mm	단호박, 옥수수+콩	- (단호박) 정식: 5월 상, 수확: 7월 중 - (옥수수) 파종: 4월 중, 수확: 7월 중 - (콩) 파종: 7월 하, 수확: 11월 상	
			영월	0.015mm	수수
	'21~'22	춘천	0.015mm	양배추	- 정식: 4.22., 수확: 7. 14.
			0.015mm	감자	- (수미) 파종: 3.25., 수확: 6.24. - (오륜) 파종: 3.24., 수확: 7.2.
0.02mm			배추+콩	- (배추) 정식: 4.22., 수확: 6.17. - (콩) 파종: 6.20., 수확: 10.	
0.02mm			옥수수+들깨	- (옥수수) 정식: 4.26., 수확: 7.20. - (들깨) 정식: 7. 5., 수확:	
0.015mm			땅콩	- 파종: 5.13., 수확: 9.21.	
0.018mm			고구마	- 삽식: 5.20., 수확: 9.22.	

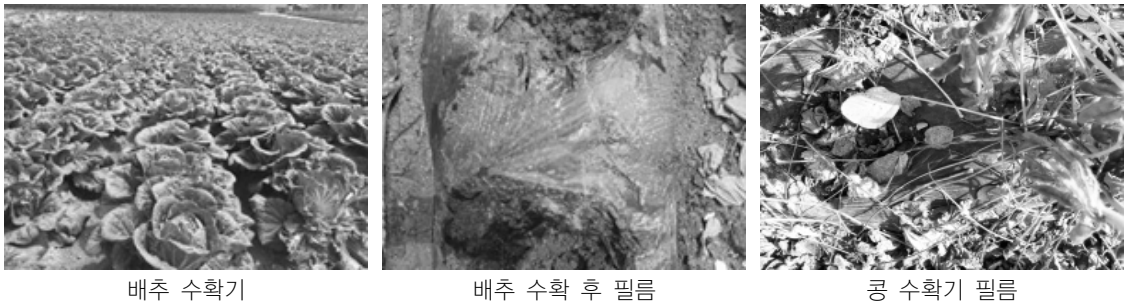
각 작물의 생육 및 수량은 농촌진흥법 표준조사법에 준하였고(RDA, 2003), 결과 값의 통계 분석은 SAS(9.2)를 사용하여 Duncan의 다중검정을 실시하였다. 토양은 음건하여 2mm 체에 통과된 것을 화학성분 분석에 사용 하였다. 화학성분 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법 (NAAS, 2000)을 적용하였다. pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 초자 전극법으로 측정하였고, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온은 INCH3COONH4(pH 7.0)로 추출하여 유도결합플라즈마분광광도계(GBC, Inductively Coupled Plasma, Victoria Australia)로 측정하였다. 생분해성 멀칭필름 적용 작물 확대시험에 사용된 토양의 화학성은 표 2와 같다. 2021년과 2022년 토양의 화학성은 다른 경향을 나타냈는데, 청사이전 전과 후로 포장이 달랐기 때문이며, 2022년 토양의 각성분은 낮았는데 처음 조성된 토양으로 지력이 낮았던 이유이다.

<표 2> 시험전 토양의 화학적 성질

연도	pH	EC	OM	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(cmol(+)/kg)			(mg/kg)
2021	6.1	0.4	44	8.2	1.20	1.67	1,182
2022	7.6	0.2	15	4.8	0.10	0.91	103

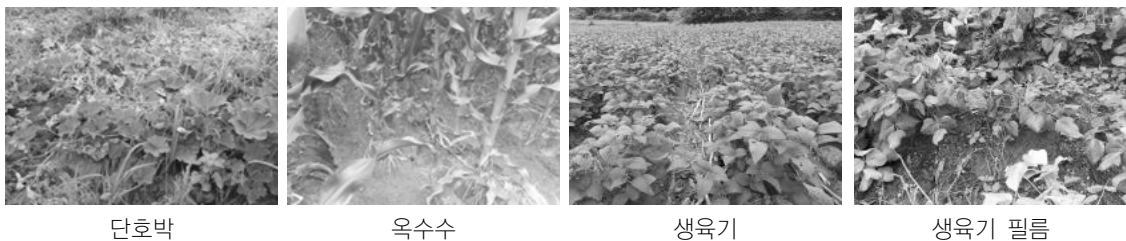
3 결과 및 고찰

평창에서 수행한 배추+콩 이모작형과 콩 단작 실증을 수행하였는데, 배추 수확 후 멀칭 필름은 유지 되었고, 후작인 콩을 재배 했을 때도 멀칭효과는 있었다(그림 1). 두 조건 모두 필름수거 노동력 생략으로 농가의 만족도가 높았다.



(그림 1) 배추 + 콩 이모작형 포장상황

횡성 콩 재배단지에서 수행한 단호박·옥수수+콩·팥재배 실증에서 횡성의 콩 재배형태는 앞작물 수확 후 이어짓기 형태이므로 콩 파종기가 늦어 수확량이 떨어지는 경향이 있고 특히 올해 앞작물 생육기에 낮은 기온으로 수확기가 늦어져 콩 파종이 늦어졌으나 0.02mm두께의 필름 사용으로 1회 멀칭 후 이모작에는 문제가 없었음(그림 2).



(그림 2) 단호박·옥수수 + 콩·팥 이모작형 포장상황

영월 수수단지에서는 기계수확 후 바로 경운이 가능하다는 점에서 만족도가 높고, 지속적인 사용의향을 보였으며, 보조사업으로 구매할 수 있는 물량 외에 자부담으로 구매하여 사용하고 있었음(그림 3).



수수 수확기

수수 수확기 필름

기장 수확기 필름

(그림 3) 영월 수수단지 포장상황

2021년 시험 2로 수행한 생분해성 멀칭필름 적용 작물 확대시험에서 양배추, 감자, 배추+콩, 옥수수+들깨의 생육 및 수량은 표 3, 그림 5, 표 4, 표 5와 같다. 양배추는 생분해성 멀칭필름 사용 시 수량은 다소 많았으며, 수확 후 남아 있는 걸잎으로 멀칭지 제거가 어려워 생분해성 필름 적용이 유리한 작목으로 생각된다.(그림 4)



포장전경

정식 후 50일(좌: PE, 우: 생분해)

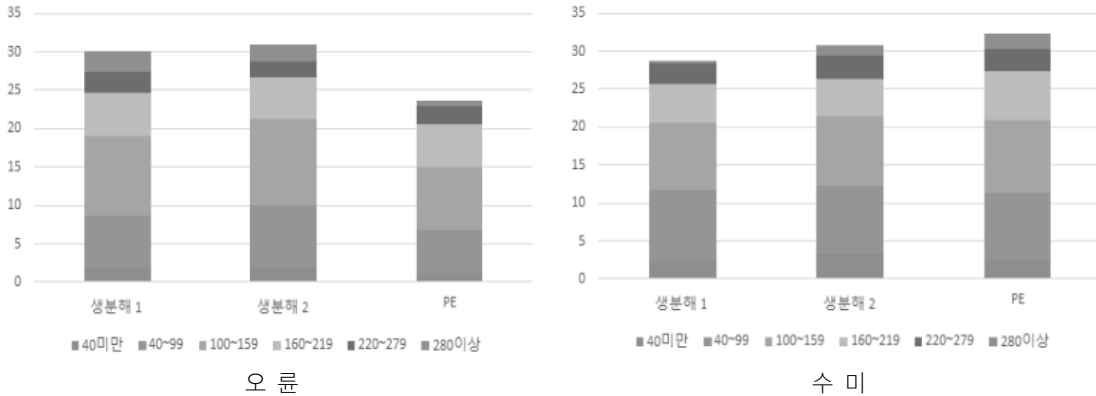
(그림 4) 양배추 포장상황

감자의 경우 품종에 따라 수량반응이 달랐는데, 생육후기에 계속된 비로 포장상태에 따라 다른 생육반응을 보였는데 농가 실증시험인 이유로 정확한 조사는 이루어지지 못했다. 배추와 콩 이모작의 경우 작물 생육기간이 6개월 이상으로 길어 0.02mm두께의 필름을 사용하였고 생육기간 중 멀칭효과를 유지하고 있어 이모작 적용이 가능하였다. 옥수수와 들깨 이모작의 경우 0.015mm와 0.02mm두께의 필름을 사용하였고 생육기간 중 멀칭효과를 유지하고 있었으나 6개월 이상의 재배기간으로 0.015mm두께의 생분해 필름은 분해가 많이 진행되었고 결실기 많은 강우로 수량이 다소 떨어졌음.

<표 3> 양배추의 생육 및 수량

필름구분	구중(kg)	너비(cm)	키(cm)	구폭(cm)	구고(cm)
생분해 필름	3.6 ^a @	92.1	20.0	24.2	16.1
PE 필름	2.9 ^b	86.8	19.4	22.3	14.5

@: DMRT 0.05



(그림 5) 생분해성 멀칭필름 처리에 따른 감자 수량분포

<표 4> 배추의 생육 및 수량

필름구분	주중(kg)	구중(kg)	구고(cm)	구폭(cm)
생분해 필름	2.91 ^b @	1.83	28.2	15.8
PE 필름	3.51 ^a	2.49	28.4	17.9

@: DMRT 0.05

<표 5> 콩의 생육 및 수량

필름구분	경장(cm)	분지수(개/주)	수량(kg/10a)	백립중(g)
생분해 필름	69.8	4.1	195a [@]	32.7
PE 필름	59.6	2.9	203a	32.8

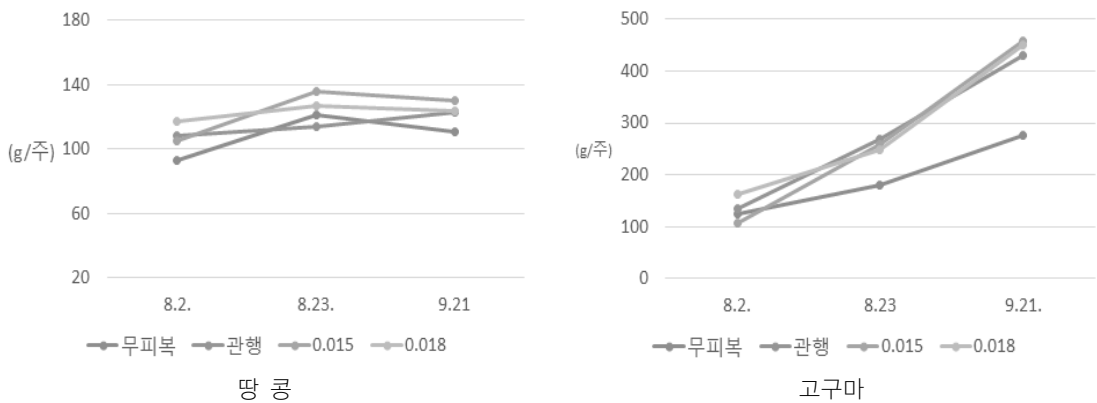
@: DMRT 0.05

2021년 시험 2로 수행한 생분해성 멀칭필름 적용 작물 확대시험의 일환으로 2022년 현장 실용화 연구를 수행하였다. 대상작물인 고구마와 땅콩의 중간 생육상황은 표 6과 같다. 고구마의 경우 관행필름인 HDPE 필름이 초장 49.8cm로 가장 컸으며, 땅콩의 경우는 생분해 필름 0.018mm가 가장 컸다. 시기별 땅콩과 고구마의 협중, 괴근중은 그림 6과 같다. 임(2016)의 연구에서 재배기간 동안지온은 HDPE>생분해필름구>무멀칭구 순으로 나타난다고 하였고, Paulsen (1994)은 식물뿌리는 생육적인 이차에서 지온상승과 생산량의 증가는 정의 상관관계를 보이지만,

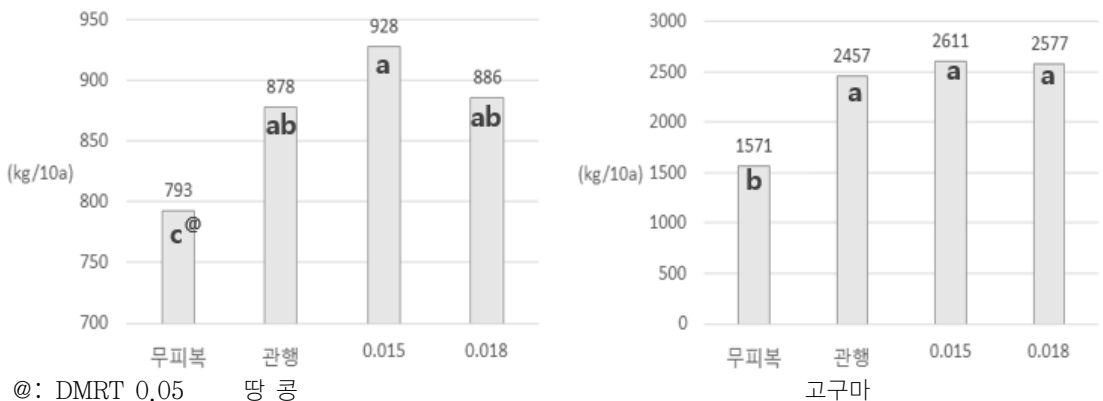
생육적은 이상의 지온상승은 생산량이 감소할 수 있다고 하였다. 땅콩의 경우 0.018mm 생분해 필름의 협중이 가장 무거웠으나, 수확기에는 0.015mm 필름이 무거웠으며, 이는 여름이후 지하부 생육이 왕성할 때 필름내의 공기 유통이 원활하였던 것으로 생각된다. 고구마는 무피복을 제외하고 비슷한 생육 곡선을 나타내어, 땅콩, 고구마에 생분해 필름적용이 가능할 것으로 생각된다.

<표 6> 멀칭필름 처리별 중간 생육상황(7. 4.)

구 분	무피복	관행	생분해(0.015)	생분해(0.018)	
초장(cm)	고구마	31.4	49.8	46.4	39.3
	땅콩	26.0	30.4	30.6	32.5



(그림 6) 땅콩, 고구마의 협중, 과근중 변화



(그림 7) 처리별 땅콩, 고구마의 수량

시험전·후 토양화학성은 표 7과 같다. 시험전후 토양의 화학적 성질은 생분해 필름에 의해 유발된 변이는 발견되지 않았다. 생분해 필름이 토양의 화학성에 미치는 영향은 없는 것으로 추정된다.

<표 7> 시험 전·후 토양의 화학적 성질 비교

작목	처리	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Ca	K	Mg	P ₂ O ₅ (mg/kg)
					(cmol ⁽⁺⁾ /kg)			
땅콩	시험전	7.6	0.2	15.0	4.8	0.1	0.9	103
	무피복	6.5	0.1	10	2.9	0.3	0.5	106
	관행	6.9	0.2	8	2.9	0.3	0.5	159
	0.015	6.8	0.1	4	3.6	0.2	0.6	41
	0.018	6.9	0.1	8	3.7	0.2	0.6	64
고구마	무피복	6.8	0.1	10	3.2	0.3	0.6	208
	관행	7.6	0.3	15	5.1	0.2	0.8	329
	0.015	7.3	0.2	13	5.2	0.1	1.0	322
	0.018	7.2	0.2	13	5.5	0.1	0.9	486

4 적 요

<생분해성 멀칭필름 현장실용화 연구>

- 가. 평창에서 수행한 배추+콩 이모작형과 콩 단작 실증을 수행하였는데, 두 조건 모두 필름 수거 노동력 생략으로 농가의 만족도가 높았다.
- 나. 횡성 콩 재배단지에서 수행한 단호박·옥수수+콩·팔배배 실증에서 횡성의 콩 재배형태는 앞작물 수확 후 이어짓기 형태이므로 콩 파종기가 늦어 수확량이 떨어지는 경향이 있고 특히 올해 앞작물 생육기에 낮은 기온으로 수확기가 늦어져 콩 파종이 늦어졌으나 0.02mm 두께의 필름 사용으로 1회 멀칭 후 이모작에는 문제가 없었다.
- 다. 영월 수수단지에서는 기계수확 후 바로 경운이 가능하다는 점에서 만족도가 높고, 지속적 사용의향을 보였다.
- 라. 생분해성 멀칭필름 적용 작물 확대시험에서 양배추는 생분해성 멀칭필름 사용 시 수량은 다소 높았으며, 수확 후 남아 있는 겉잎으로 멀칭지 제거가 어려워 생분해성 필름 적용이 유리한 작목으로 생각된다.
- 마. 감자의 경우 품종에 따라 수량반응이 달랐는데, 생육후기에 계속된 비로 포장상태에 따라 다른 생육반응을 보였다.
- 바. 배추와 콩 이모작의 경우 작물 생육기간이 6개월 이상으로 길어 0.02mm 두께의 필름을 사용하였고 생육기간 중 멀칭효과를 유지하고 있어 이모작 적용이 가능하였다.

- 사. 옥수수과 들깨 이모작의 경우 0.015mm와 0.02mm두께의 필름을 사용하였고 생육기간 중 멀칭효과를 유지하고 있었으나 6개월 이상의 재배기간으로 0.015mm두께의 생분해 필름은 분해가 많이 진행되었고 결실기 많은 강우로 수량이 다소 떨어졌다.
- 아. 땅콩의 경우 0.018mm 생분해필름의 협중이 가장 무거웠으나, 수확기에는 0.015mm 필름이 무거웠으며, 이는 여름이후 지하부 생육이 왕성할 때 필름내의 공기 유통이 원활하였던 것으로 생각된다.
- 자. 고구마는 무피복을 제외하고 비슷한 생육 곡선을 나타내어, 땅콩, 고구마에 생분해 필름 적용이 가능할 것으로 생각된다.

5

인용문헌

- Gracia, C., T. Hernandez, and F. cotea. 1992. Comparison of humic acids derived from city refuse with more developed humic acids. *Soil Sci. Plant Nutr.* 38:339-346.
- Hatt, H.Q., D. Decoteau, and D.E. Linvill. 1995. Development of a polyethylene mulch system that changes color in the field. *HortScience.* 30:265-269.
- Jeon, W.T., W.H. Yang, S.W. Roh, and M.T. Kim. 2006. Influence of controlled-release fertilizer levels on rice growth, weed control and nitrogen efficiency in paper mulching transplanting. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 39:345-350.
- Jung, B.W., C.H. Shin, Y.J. Kim, S.H. Jang, and B.Y. Shin. 1999. A study on the biodegradability of plastic films under controlled composting condition. *J. Int. Industrial Technol.* 27:107-116.
- Kim, K.C., B.K. Ahn, H.G. Kim, and S.S. Jeong. 2012. Effect of expeller cake fertilizer application on soil properties and red mustards (*Brassica Juncea L.*) yield in soil of organic farm of plastic film greenhouse. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45:1022-1026.
- Kwon, O.D. and J.M. Lee. 1984. Effect of different mulching on the growth, pod yield and nodule development in 3 snapbean cultivars. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 25:212-217.
- Lee, Y.H. and S.K. Ha. 2011. Impacts of chemical properties on microbial population from upland soils in gyeongnam province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44:242-247.
- Lim, D.K., J.S. Shin, and K.S. Seong. 1988. Mono-granular compound fertilizer acting slow release for the crops under vinyl mulching cultivation. III. Effect of

newly developed compound fertilizer on sesame. Korean J. Soil Sci. Fert. 21:296-300.

Lim, S.U., J.C. Ryu, and C.W. Hong. 1979. Study on the effects of an organic fertilizer on the yield of chinese cabbage and radish and the physico-chemical properties of soil Korean J. Soil Sci. Fert. 12:125132.

National Academy of Agricultural Science (NAAS). 2000. Methods of soil chemical analysis. National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.

Paulsen, G.M. 1994. High temperature responses. of crop plant, pp. 365-389. Rural Development Administration (RDA). 2003. Standard measurement and analysis in agricultural research and development, RDA, Suwon, Korea.

Schalk, J.M. and M.L. Robinns. 1987. Reflective mulches influence plant survival, prouduction and insect control in fall tomatoes. HortScience. 22:30-32.

Scott, G. 1990. Photo-biodegradable plastics: Their role in the protection of the environment. Polym. Degrad. Stab. 29:135-154.

Yun, H.B., J.S. Lee, Y.J. Lee, R.Y. Kim, Y.S. Sang, S.G. Han, and Y.B. Lee. 2011. Chinese cabbage growth effected by black vinyl mulching and organic fertilizer application in spring season. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:1107-1111.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2021(1년)	영농활용	생분해성 멀칭필름 사용 시 작물별 적정규격
2022(2년)	영농활용	생분해 멀칭필름 적용작물 확대

성과지표		연도		1년차(2021)		2년차(2022)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적		
영농 활용	기술								
	정보	1	1	1	1	2	2		
학술 발표	국제								
	국내	1	1			1	1		
홍 보			7						7
M O U			1						1
세미나 개최			1						1
계		2	11	1	1	3	12		

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'21	'22
과제책임자	농업환경연구과	농업연구사	서영호	과제 총괄	○	○
세부책임자	농업환경연구과	농업연구관	임수정	세부주관 수행	○	○
공동연구자	농업환경연구과	농업연구사	허수정	시험수행 및 평가	○	○
	농업환경연구과	농업연구사	홍수영	품질조사 지원		○
	농업환경연구과	농업연구사	최병곤	품질조사 지원		○
	농업환경연구과	농업연구사	김동민	평가분석 지원	○	○