

마늘 재배시 생분해성 멀칭 필름 이용효과

이재한^{1*} · 김목종² · 김홍림² · 곽용범² · 권준국¹ · 박경섭¹ · 최효길¹ · 백조드¹

국립원예특작과학원 ¹시설원예연구소, ²남해출장소

Effects of Biodegradable Mulching Film Application on Cultivation of Garlic

Jae Han Lee^{1*}, Mok Jong Kim², Hong Lim Kim², Yong Bum Kwack², Joon Kook Kwon¹, Kyoung Sub Park¹, Hyo Gil Choi¹, and Bekhzod Khoshimkhujiev¹

¹Protected Horticulture Research Institute, NIHHS, RDA, Haman 637-812, Korea

²Namhae Sub-Station, NIHHS, RDA, Namhae 668-812, Korea

Abstract. The effect of biodegradable mulching film on the growth and development of garlic were investigated in order to develop eco-friendly weed control techniques. The treatments included biodegradable film (Bio-De) and black (Black-PE), green (Green-PE), transparent (Trans-PE) polyethylene mulching films. Non-mulched, bare soil (Non-mulching) was used as a control. Light transmittance value among tested mulching films was the highest in Trans-PE (86.1%) followed by Bio-DE and Green-PE, and the lowest value was observed for the Black-PE (1.1%). All mulching films without exclusion elevated soil temperature, especially Trans-PE and Bio-DE compared to bare soil. Plant height and mean bulb weight were increased due to mulching films with the highest values observed for Trans-PE and Bio-DE treatments. After seven months of field application there were no significant degradation signs on PE plastic films, whereas it was easy to see horizontal cracks on the Bio-DE film surface after five month of usage.

Additional key words : garlic, biodegradable film, eco-friendly

서 론

국내 마늘 재배면적은 2000년 44.9천ha, 생산액은 1조 원이었으나 수입증가와 고령화 등으로 2010년에는 22.4천ha로 감소되었다가 건강식품으로 인식되면서 소비가 늘어나 2013년에는 29.3천ha가 재배되고 있다(MAFRA, 2014). 마늘 생산비를 분석한 결과에 따르면 노력비 52.4%, 종묘비 29.1%, 비료비 10.4%로서 노력비가 차지하는 비중이 매우 크며 경작규모가 1ha 이상 되는 농가는 적고 대부분 10a 미만으로 농작업을 소형농기구 및 인력에 의존하고 있다. 국내 마늘 재배형태는 추운 지역에 적응한 한지형과 따뜻한 기후에 적응한 난지형으로 구분된다. 마늘은 내한성이 비교적 강하고 내서성은 약한 작물로 생육적온은 18~20°C이며, 25°C이상의 고온에서는 잎이 마르고 생육이 정지되며, 10°C이하에서는 엽 생장이 둔화되지만 뿌리는 1°C내외의 저온에서도 신장이 이루어진다.

국내 난지형 마늘은 9월 중순에 파종하여 5월 중순에

서 6월 중순까지 수확하는데 재배가 용이하고 작황이 비교적 안정되어 마늘 재배면적의 80%이상을 점유하고 있다. 일반적으로 마늘 멀칭재배는 인편 파종 후 본엽이 발생하였을 때 PE(Polyethylene) 필름으로 멀칭하거나, 토양 경운을 한 후에 유공 PE 필름으로 멀칭을 한다. PE 필름 멀칭재배는 마늘 등 노지작물 뿐만 아니라 시설재배에서도 생육촉진, 수량증가, 재배기간 확대를 통해서 농가소득 증대에 크게 기여하는 등 장점이 있지만 농기계로 수확하거나 경운을 할 경우 인력으로 비닐을 제거해야 한다. 특히 농가에서 많이 사용하는 PE 필름은 분해가 되지 않고 장기간 토양 및 환경을 오염시키며 농경지 주변에 방치되어 농촌경관을 훼손하고 있다. 우리나라의 경우 2013년 한 해 동안 농촌 폐비닐 발생량은 332천톤에 이르지만 수거 실적은 189천톤으로 약 59%가 수거되고 나머지는 농경지나 주변에 버려져 있다(KEC, 2014). 이러한 상황에서 독일, 일본 등 선진국을 중심으로 분해성 플라스틱의 실용화 연구 및 산업화가 활발히 진행되고 있다(Lee 등, 2001; Jung 등, 1999; Narayan, R, 1993; Alberttton 등, 1992; Scott, 1990). 농업용 PE 필름의 장점은 가지고 토양 미생물, 태양광 등에 의해서 짧은 기간에 분해되는 친환경 필름개발은 많은 관심을 가지게 한다. 국내·외에서도 광분해성 필름

*Corresponding author: lejank@korea.kr

Received August 12, 2015; Revised November 2, 2015;

Accepted November 3, 2015

개발 등 다양한 연구가 진행되었으나 완전히 분해되지 않고 조각난 필름이 비산되어 2차 환경오염을 일으킬 수 있다고 평가하고 있다(Narayan, 1993; Doane 1992; Scott, 1990). 최근에 이러한 문제를 해결하고자 전분 등 천연소재를 주성분으로 제조하여 자연에 존재하는 미생물에 의해 저분자화합물로 되었다가 최종적으로 물, 이산화탄소, 메탄가스 등으로 분해되는 필름이 개발되고 있다(Ruy and Kim, 1998; Bloembergen 등, 1993). 본 연구는 농업용 PE 필름의 수거 노동력을 절감하고, 농촌환경을 오염시키는 폐비닐처리 문제를 해결하기 위하여 생분해성 비닐 피복재 이용 가능성을 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2012년에서 2014년 까지 국립원예특작과학원 남해출장소 노지포장에서 수행하였다. 시험작물은 ‘남도’ 마늘을 공시하여 인편무게가 평균 5g정도로 균일한 것을 20×10cm 간격으로 '12년, '13년 각각 9월에 파종하였으며 이듬해 6월에 수확하였다. 처리내용은 두께가 0.02mm인 투명, 녹색, 흑색 PE 필름구, 두께가 0.015mm인 생분해성 필름구, 무멀칭구로 두었다. 시험구는 구당 1,000인편을 완전임의 배치 3반복하였고, 기타 재배관리는 난지형 마늘 표준재배법(RDA, 2001)에 준하여 실시하였다. 멀칭시기는 마늘 본엽이 3~4매 출현하는 11월 상순에 하였다. 조사내용에 있어 생육은 초장, 엽수, 엽초경, 생체중, 건물중, 뿌리수를 2월 13일부터 4월 16일 까지 약 20일 간격으로 4회, 수확직전인 6월 상순에 1회 실시하였고, 생육조사는 시험구별로 각각 20주씩 3반복하였다. 수량을 조사하기 위하여 마늘 인경을 6월 상순에 수확하여 30일간 마늘 건조용 창고에서 자연 건조 후 7월 상순에 구당 100개씩 3반복하여 구중, 구고, 구경 등 기본적인 구 특성을 조사하였다. 멀칭재료의 투광률은 휴대용 조도계(ANA-F12, TOKYO PHOTOELE-

CTRIC)를 사용하여 외부 광도에 대한 내부 광도의 비율로 산정하였다. 지온은 재배기간 동안 자동온도기록계(HOBO, ONSET)를 이용하여 지표에서 5~7cm 깊이의 온도를 측정하였다. 멀칭재료의 인장력, 신장률, 인장강도 등 물리적 특성은 한국화학융합시험연구원에 분석의뢰하여 한국산업규격에서 고시된 시험 방법(KS M 3001)으로 측정된 결과를 사용하였다. 시험결과는 SAS 프로그램을 이용 Ducan의 다중검정으로 통계 분석하여 처리 간 평균값을 비교하였다.

결과 및 고찰

시험에 사용한 멀칭재료의 투광률을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 투광률은 흑색 PE 필름이 1.1%, 녹색 PE 필름 26.1% 투명 PE 필름 86.1%, 생분해성 필름은 75.4%로 나타났다. 흑색 PE 필름은 대부분의 광이 투과되지 못하였고 녹색 PE 필름은 일부 광이 투과되었고 생분해성 필름과 투명 PE 필름의 투광률이 비교적 높게 나타났다.

생분해성 필름은 환경친화성, 기능성, 편리성 등의 재질 특성을 가지고 있어서 유럽 등 선진국에서 사용량이 증가되고 있다. 그러나 이러한 생분해성 필름이 농업용으로 사용되기 위해서 농작업에 적당한 물리적 특성을 지니고 있어야 한다. Table 2는 멀칭재료별 시험 전·후 인장강도, 신장률, 인열강도 등 물리적 특성을 분석한 결과이다. 멀칭용으로 갖추어야 할 특성을 비교해 볼 때 사용하기 전 생분해성 필름의 인장강도, 신장률, 인열강도는 PE 필름보다는 낮거나 비슷한 편이었고 실제 멀칭

Table 1. Light transmission levels of various mulching materials.

Mulching film	Light transmission(%)	Mulching film	Light transmission(%)
Black-PE	1.1	Trans-PE	86.1
Green-PE	26.1	Bio-DE	73.4

Table 2. Mechanical properties of various mulching films before and after field application.

Mulching film	Tensile strength (N/)	Elongation at break (%)	Tear strength (N/)	
Before-use	Black-PE	2,290±141	573±42	1,260±82
	Green-PE	2,350±152	573±37	1,300±88
	Trans-PE	2,970±162	575±40	1,450±92
	Bio-DE	2,500±159	488±24	1,340±77
After-use	Black-PE	2,100±125	457±34	1,240±70
	Green-PE	1,910±120	208±16	1,160±65
	Trans-PE	2,940±158	547±35	1,360±74
	Bio-DE	1,340±85	14±5	439±36

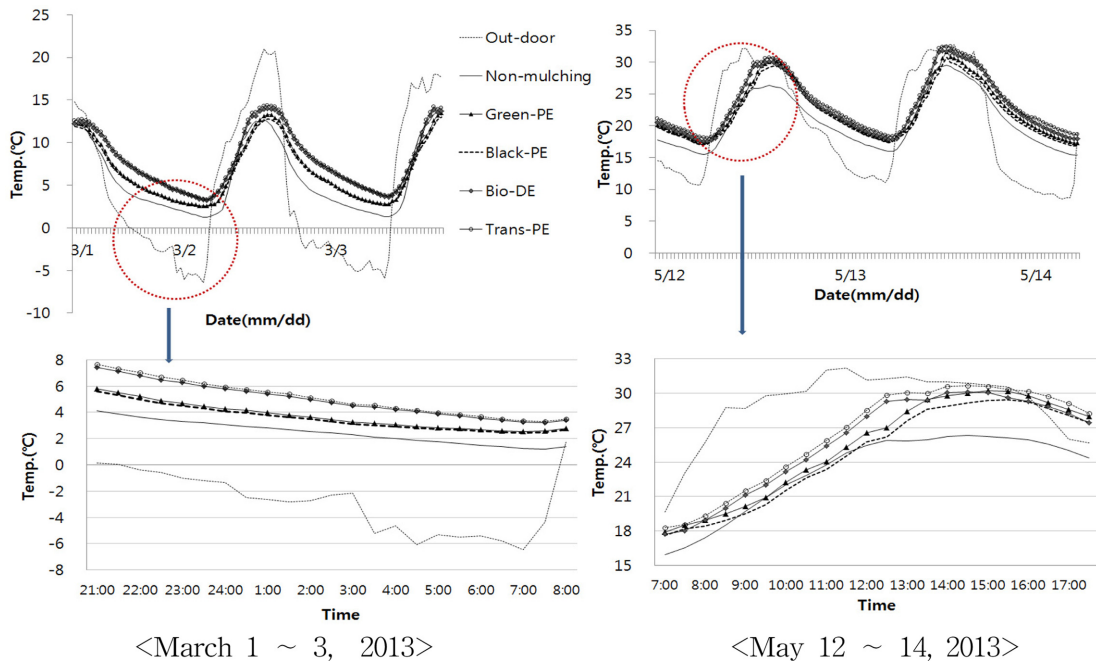


Fig. 1. Changes in soil temperature during the garlic cultivation as affected by various mulching materials.

작업에서 갈라지거나 찢어지는 등의 문제는 발생되지 않았다. 사용하기 전과 사용 후를 비교하였을 때 당겼을 때 늘어나지 않고 버티는 인장강도는 흑색, 녹색 및 투명 PE 필름은 각각 8%, 19%, 2% 감소, 생분해성 필름은 47% 감소되었다. 신장률은 투명 PE 필름과 흑색 PE 필름은 각각 20%, 5% 감소, 녹색 PE 필름과 생분해성 필름은 각각 63%, 98% 감소하였다. 찢어짐에 견디는 인열강도에서도 흑색, 녹색 및 투명 PE 필름에서 각각 2%, 10%, 4% 감소하였는데 생분해 필름에서는 67% 감소하였다. 이 결과는 Kijchavengkul 등 (2008)이 인장강도, 신장률은 PE 필름은 3개월 경과하여도 완만히 감소하였지만 생분해성 필름은 2개월 이후 현저히 감소되었다는 결과와 같은 경향이었다. 특히 본 시험에서 PE 필름은 멀칭 후 7개월이 경과한 경우에도 물리적인 특성 완만히 감소한 반면에 생분해성 필름은 분해가 진행되면서 신축성이 현저히 떨어지고 외부의 충격에 쉽게 찢어지는 것을 확인할 수 있었고 특히 토양과 접촉한 부분은 분해되어 소실되는 것으로 나타났다.

Fig. 1은 재배기간 중 3월과 5월의 지온변화를 나타낸 결과이다. 3월 2일 외기온이 -6.5°C 일 때 지온은 무멀칭 1.2°C , 녹색 PE 필름 2.5°C , 흑색 PE 필름 2.3°C , 생분해성 필름 3.3°C , 투명 PE 필름이 3.4°C 이었고, 5월 12일에는 외기온이 31.8°C 일 때 지온은 무멀칭 28.5°C , 녹색 PE 필름 28.6°C , 흑색 PE 필름 27.7°C , 생분해성 필름 29.9°C , 투명 PE 필름 30.5°C 로 조사되었다. 성적을 제

시하지 않았지만 무멀칭구에 비해 멀칭구에서 3월에는 야간 0.5°C , 주간 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 더 높았고, 외기온이 상승한 5월에는 야간 2°C , 주간 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 더 높았다. 이러한 결과는 Chio 등(2009) 남도마늘의 지온에 따른 생리장해 연구와 Yun 등(2012)이 노지배추에서 멀칭비닐의 색상에 따른 지온변화를 조사한 결과에서 지온은 무멀칭이 가장 낮았고, 흑색필름, 녹색필름, 투명필름 순으로 높았으며 외부 기온이 높아질수록 지온차이가 컸다는 결과와 일치하였다. 멀칭필름의 색상에 따른 지온은 태양복사 에너지의 흡수를 차이로 기인한다는 Kasoerbauerd와 Hunt(1998)의 연구결과를 미루어 볼 때 투광율이 가장 높았던 투명 PE 필름이 지온상승에 더 많은 영향을 주었다고 사료된다.

Fig. 2는 멀칭 3개월 후에 20여일 간격으로 생육을 조사한 결과이다. 생체중, 건물중, 초장, 엽초경, 엽수에 있어 3월 5일 조사한 결과는 2월 13일에 비해서 생육이 감소하였는데, 이것은 저온기를 경과하면서 생육초기에 발생된 엽이 노화되거나 소실된 것으로 사료된다. 3월 이후에는 기온 및 지온이 상승하여 생육적온을 유지할 수 있어 모든 처리구에서 지상부 생육이 진전되는 것으로 나타났다. 처리별로는 투명 PE 필름이 가장 생육이 왕성하였고, 생분해성 필름, 녹색필름, 흑색필름, 무멀칭 순으로 무멀칭구가 가장 생육이 부진하였다. 근권부 온도는 최저 1°C 이상을 유지할 수 있어서 저온에 의한 장해는 볼 수 없었고, 재배일수가 경과함에 따라 뿌리수는 모든 처리구에서 완만하게 늘어났다.

마늘 재배시 생분해성 멀칭 필름 이용효과

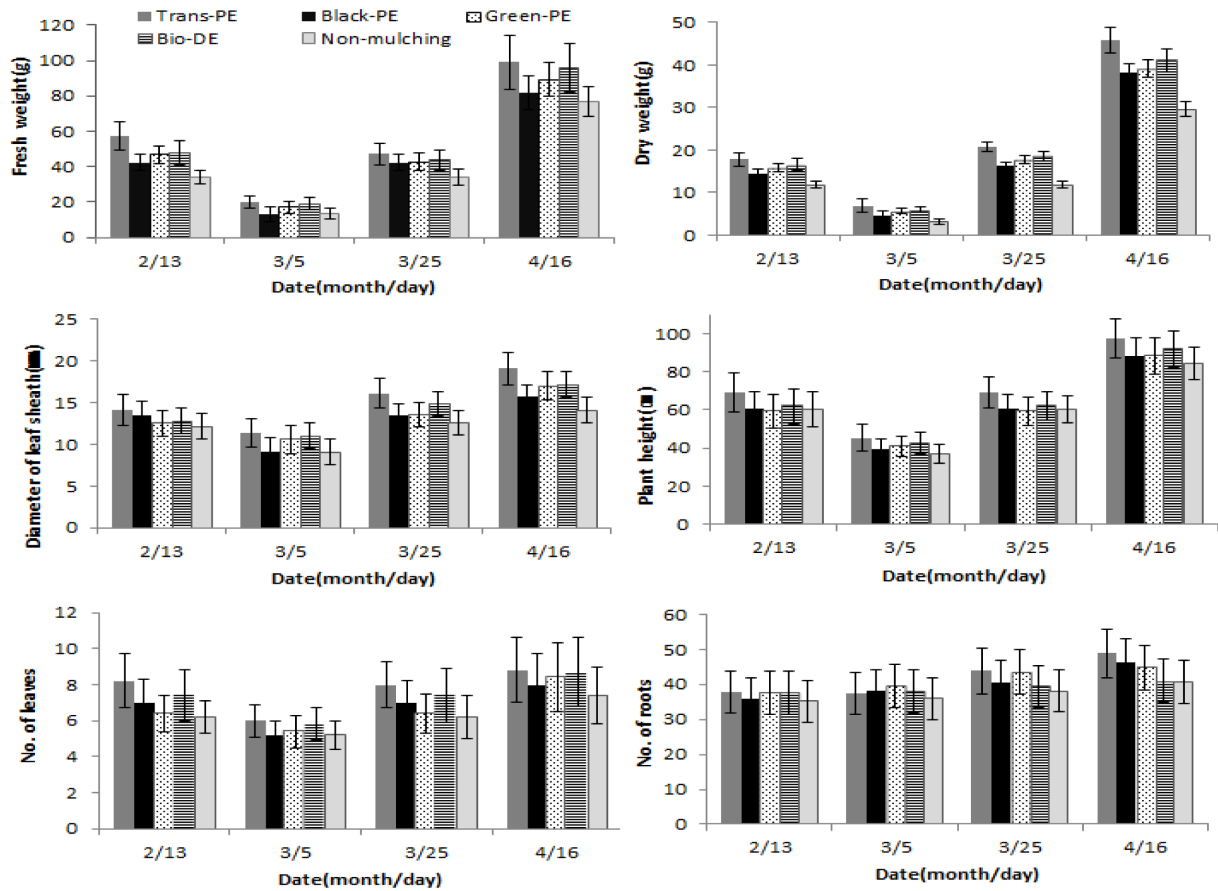


Fig. 2. Growth characteristics of garlic as affected by the application of various mulching films.

Table 3. Growth and bulb characteristics of garlic as affected by the application of various mulching films.

Season	Mulching film	Plant height (cm)	No. of leaves	Diameter of leaf sheath (mm)	Bulb weight (g)	Bulb height (mm)	Bulb diameter (mm)
2013	Black-PE	97.6ab	9.8 b	10.5a	36.5b	38.0a	48.2a
	Green-PE	99.2ab	10.3ab	10.7a	39.9ab	38.6a	48.4a
	Trans-PE	100.2a	10.9 a	10.9a	43.9 a	40.1a	51.5a
	Bio-DE	98.9ab	10.5ab	10.9a	42.5ab	40.2a	50.4a
	Non-mulched	90.9b	9.6 b	10.2a	35.1c	37.9a	47.2a
2014	Black-PE	105.5a	9.1ab	13.9a	41.9b	39.8a	50.1a
	Green-PE	107.3a	9.6ab	14.2a	44.8ab	40.4a	52.6a
	Trans-PE	112.6a	9.9 a	14.5a	46.1 a	40.6a	54.5a
	Bio-DE	108.6a	9.5ab	14.3a	45.3ab	40.3a	53.1a
	Non-mulched	99.5a	8.6 b	13.7a	37.0 c	38.4a	49.2a

Mean separation within columns Duncan's multiple range test at P=0.05

Table 3은 마늘 수확 시 생육과 수확 30일 후 구 특성을 조사한 결과이다. 초장의 경우 2013년에는 투명 PE 필름이 100.2cm 가장 높았고, 녹색 PE 필름 99.2cm, 생분해필름 98.9cm, 흑색 PE 필름 97.6cm, 무

멀칭은 90.9cm이었고, 2014년에는 투명 PE 필름이 112.6cm, 생분해필름 108.6cm, 녹색 PE 필름 107.3cm, 흑색 PE 필름 105.5cm, 무멀칭은 99.5cm로 나타났다. 엽수와 엽초경에서도 초장과 비슷한 경향이였다. 년차

간에 일부에서 상이한 결과가 있었지만 필름을 이용한 멀칭구는 무멀칭구에 비해서 초장은 6~11%, 엽수는 2~13%, 엽초경은 2~7% 높아서 차이가 있었으나, 멀칭 재료간에 차이가 적었다. 이러한 결과는 무멀칭구의 경우 재배기간 지은 확보가 곤란하여 생육이 부진하였고 멀칭처리에서는 멀칭재료간 지은 차이가 적어 생육이 비슷한 경향을 나타내었다. Lim 등(1988)과 Aguyoh 등(1999)은 멀칭재배는 저온기에 지은 확보에 유리하고 수분증발을 감소시킨다고 보고하였는데 본 시험에서도 이러한 요인들이 복합적으로 작용한 것으로 판단된다.

2013년도에 비해 2014년도에서 생육 및 수량이 다소 높았지만 년차 간에 상이한 결과는 없었다. 수확한 마늘의 구 특성에 있어 구중은 2013년에는 투명 PE 필름이 43.9g 가장 높았고, 생분해 필름 42.5g, 녹색 PE 필름 39.9g, 흑색 PE 필름 36.5g, 무멀칭 35.1g 순이었고, 2014년에는 투명 PE 필름이 46.1g 가장 높았고, 생분해 필름 45.3g, 녹색 PE 필름 44.8g, 흑색 PE 필름 39.8g, 무멀칭 37.0g 순이었다. 구고와 구폭에서도 구중과 비슷한 경향이였다. 통계적 유의성은 구중의 경우 투명 PE 필름, 생분해성 필름, 녹색 PE 필름 간에는 차이가 없었

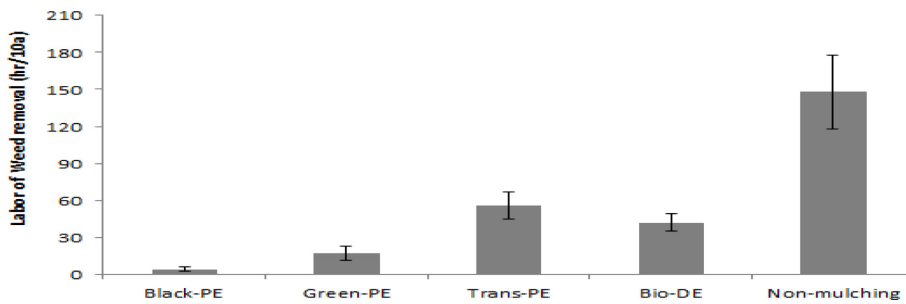


Fig. 3. Effect of different mulching materials on the labor requirement for weed removal in garlic cultivation.

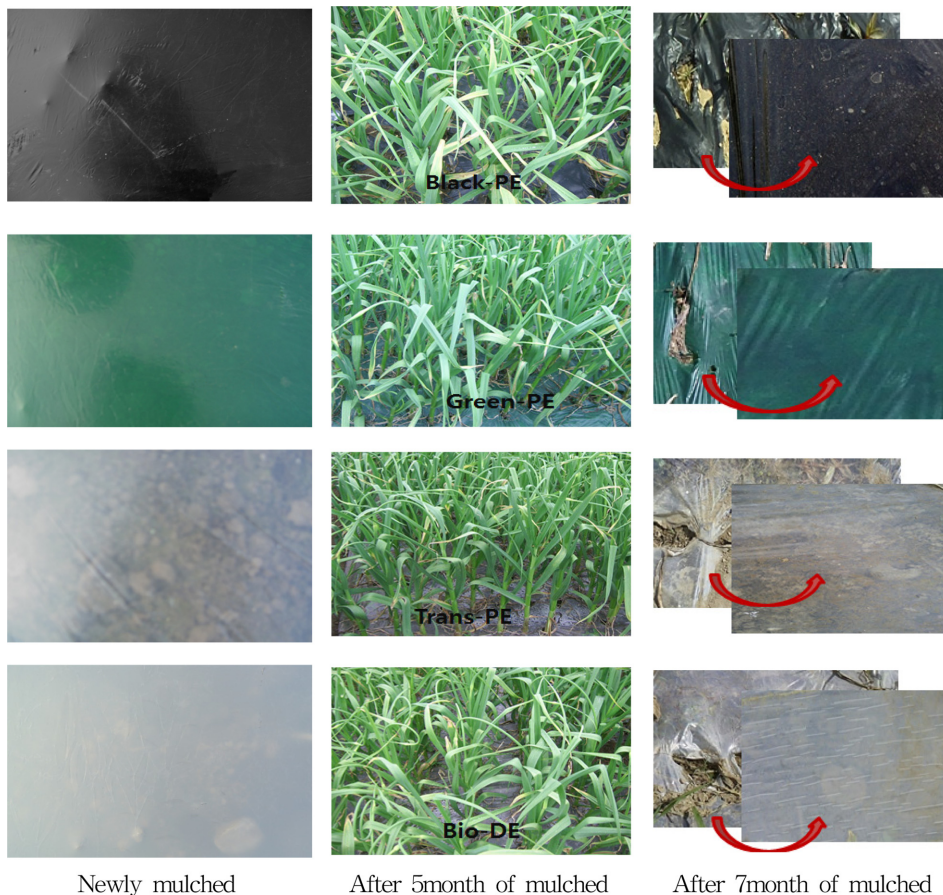


Fig. 4. PE and Biodegradable mulching films before and after field application.

고 흑색 PE 필름, 무멀칭 간에는 차이가 있었다. 그리고 구고과 구폭에서는 차이가 없었다. Kwon 등(1984)과 Her 등(1989)이 멀칭재배가 저온기 지온을 높일 수 있어 뿌리생장을 촉진시키고 강우에 의한 양분의 유실을 줄일 수 있어 수량이 높았다고 하였는데 본 시험에서도 이러한 요인이 영향을 준 것으로 짐작할 수 있다. 외기온이 높은 시기에는 멀칭이 토양온도를 지나치게 상승시켜 호흡량 증가로 작물 수량을 저하시킬 수도 있지만, 본 시험에서는 지온이 본격적으로 상승되기 전에 마늘 수확이 이루어져 지온상승에 의한 수량감소는 파악할 수 없었다.

멀칭재료별 잡초제거에 소요된 노동력을 조사한(12. 11. 1 ~ '13. 5. 10)결과는 Fig. 3과 같다. 잡초제거에 소요된 노동력(hr/10a)은 무멀칭이 148시간, 투명 PE 필름 56시간, 생분해성 필름 42시간, 녹색 PE 필름 17시간이었으나, 흑색 PE 필름은 4시간이 소요되었다. 제조 노력 절감률은 무멀칭에 비해서 흑색 PE 필름, 녹색 PE 필름은 각각 97%, 88% 투명 PE 필름, 생분해성 필름은 각각 62%, 72% 절감되었다. 이러한 결과는 Pyon(1985)이 흑색 PE 필름, 녹색 PE 필름 멀칭은 광 차단에 의해서 잡초의 발아가 억제되고 출아된 잡초라도 광합성을 할 수 없어서 고사된다는 보고를 미루어 볼 때 무멀칭구는 잡초발생이 많아서 제조노력이 가장 많이 소요되었지만 멀칭처리구는 잡초종자의 유입 차단, 광 부족 등에 의해서 잡초발생이 억제된 것으로 판단된다.

Fig. 4는 투명 PE 필름과 생분해 필름을 사용하여 멀칭한 후 소실상태를 나타낸 결과이다. 멀칭 후 수확까지 약 7개월 경과 후 투명 PE 필름은 외관상 크게 소실되는 것이 없었으나, 생분해 필름은 멀칭 후 5개월 정도 경과하면서 필름표면에 가로로 미세한 줄이 나타났고 쉽게 찢어지는 것을 볼 수 있었다. 생분해성 필름에 대한 연구에 있어서 Bloembergen 등(1993), Ruy와 Kim(1998) 등은 단순히 매립에 의해서 수개월 ~ 2년만에 완전히 분해되며, Lee 등(2009)은 멀칭 후 불과 120일이 경과한 시점에 95%이상 분해되고 주변환경에 의해서 분해속도가 달라질 수 있다고 하였다. 그리고 수확작업 과정에서 소요시간을 조사한 결과 PE 필름의 비닐제거 시간이 50%를 차지하는데 생분해성 필름은 비닐 수거작업이 필요하지 않기 때문에 수확작업이 노동력을 줄일 수 있다고 하였다. 앞서 Table 2에서 언급한 시험 전 후의 멀칭재료의 인장강도, 신축률, 인열강도 등 물리적인 특성이 PE 필름은 감소가 심하지 않았지만 생분해성 필름은 현저히 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 마늘 수확시 작업과정을 제시하지 않았지만 PE 필름 멀칭구는 비닐을 수거하는 작업이 필요한 반면에 생분해성 필름은 수거작업 없이 마늘 굴취작업을 할 수 있었다. 이상의 결과로 볼 때 마늘재배에 생분해성 필름을 이용한다면 멀칭재배

의 장점인 잡초억제, 지온상승, 수량증대 효과뿐만 아니라 페비닐 수거노력이 소요되지 않아 노동력 절감 및 수확작업의 기계화에도 기여할 수 있어 농업현장에 활용 가치가 매우 높을 것으로 판단되었다.

적 요

난지형 마늘 재배시 잡초발생 억제와 친환경 방제기술을 개발하기 위하여 생분해성 필름을 이용한 멀칭재배효과를 구명하고자 수행하였다. 멀칭 필름의 투광률은 흑색 PE 필름은 1.1%, 녹색 PE 필름은 26.1%, 투명 PE 필름은 86.1%, 생분해성 필름은 75.4%로 흑색 PE 필름의 경우 대부분의 광이 투과되지 못하였지만 녹색 PE 필름은 일부 광이 투과되었고 생분해성 필름과 투명 PE 필름은 투광률이 높았다. 지온은 무멀칭구에 비해 멀칭구가 높았고 투명 PE 필름, 생분해성 필름이 가장 높게 나타났다. 초장과 구중에서도 지온이 높게 유지되었던 멀칭구가 높았고 투명 PE 필름, 생분해성 필름이 가장 높았다. 멀칭재료별 소실상태는 멀칭 7개월까지 비닐 및 부직포멀칭구는 외관상 크게 소실되는 것을 없었으나, 생분해필름은 멀칭 5개월 이후 필름표면에 가로로 미세한 줄이 나타났고 쉽게 찢어지는 것을 볼 수 있었다.

추가 주제어 : 마늘, 생분해성 필름, 친환경

사 사

이 연구는 농촌진흥청 국립원예특작과학원 농업기술개발 연구사업(과제번호: PJ008647) 지원에 의해 이루어진 것임

Literature Cited

- Aguayo, J., H.G. Taber, and V. Lawson. 1999. Maturity of fresh-market sweet corn with direct-seeded plants, transplants, clear plastic mulch, and rowcover combinations. Hort. Technology. 9: 420-425.
- Albertsson, A. c., C. Barenstedt, and S. Karlsson. 1992. Susceptibility of enhanced environmentally degradable polyethylene to thermal and photo-oxidation. Polymer Deg. and Stabil. 37: 163-168.
- Bloembergen, S., J. David, D. Geyer, A. Gustafson, J. Snook, and R. Narayan. 1993. Biodegradation and composing studies of polymeric materials. Biodegradation Plastic and Polymers. Doi, Y and Fukuda, K. (eds). Osaka Japan. 601-609.
- Choi H. S., E. Y. Yang, W. B. Chae, Y. B. Kwack, and H. L. Kim. 2009. Effect of soil temperature, seedtime, and fertilization rate on the secondary growth in the cultivation of the

- big bulbils of Namdo Garlic. *Journal of Bio-Environment Control*, 18(4):454-459.
- Cui, R. x, B. W. Lee, and H. L. Lee. 2000. Growth and yield of potato as affected by paper, oil-treated paper and urea-coated paper mulching in spring season culture. *Korean J. Crop Sci.* 45(3): 216-219.
- Doane, W. M. 1992. USDA research on starch-based biodegradable plastics. *3tarch*. 44: 292-295.
- Hwang, H. J., J. K. Suh, I. J. Ha, and Y W. Ryu. 1996. Effects of planting time and mulching material on growth and seed yield for seed production culture in onion. *RDA. J. Agri. Sci.* 38(1): 640-647.
- Her B.K., I.S. Jo, K.T. Um. 1989. The soil improvement and plant growth on the newly-reclaimed sloped land. I.Effects of vinyl mulching and zeolite application on silage corn. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 22: 25-30.
- 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 composing condition. *J. Int. Industrial Technol.* 27: 107-116.
- Kasperbauer, M. J. and P. G. Hunt. 1998. Far-red light affects photosynthate allocation and yield of tomato over red mulch. *Crop Sci.* 38: 970-974.
- Kijchavengkul T., Auras, R., Rubino, M., Ngouajio, M., Fernaandez, R. T., 2008. Assessment of aliphatic-aromatic copolyester biodegradable mulch films. Part : Fiela study. *Chemosphere* 71(5): 942-953.
- Korea Envioronment Corporation. 2014.
- Kwon, O.D. and J.M. Lee. 1984. Effect of different mulching on the growth, pod yield and nodule development in 3 snap-bean cultivars. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 25: 212-217.
- Lee S. I., S. H. Sur, K. M. Hong, Y S. Shin, S. H. Jang, and B. Y. Shin. 2001. A study on the properties of fully biophoto-degradable composite film. *J. Int. Industrial Technol.* 29: 129-134.
- Lee, J. S., K. H. Jeong, H. S. Kim, J. J. Kim, S. Y. Song, and J. K. Bang 2009. Bio-Degradable Plastic Mulching in Sweetpotato Cultivation. *korea J. Crop Sci.* 54(2): 135-142.
- 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.
- Narayan, R. 1993. Impact of governmental policies, regulations, standards activities on an emerging biodegradable plastic industry In : *Biodegradable Plastics and Polymers*. Doi, Y. and Fukuda, K. (eds). Osaka. 261-272.
- Pyon, J. Y., 1985. Effects of Colored Polyethylene Film Mulching on Germination, Emergence, and Growth of Weeds. *KJWS* 5(1): 19-23.
- Rural Development Administration (RDA). 2001. *Garlic culture*. Suwon. Korea.
- Ryu, K. E., and Y B. Kim. 1998. Biodegradation of polymers. *Polymer Sci. Technol.* 9: 464-472.
- Scott, G. 1990. Photo-degradable plastic : Their role in the protection of the environment *Polymer. Deg. and Stabil.* 29: 136-143.
- Yun, H. B., J. S. Lee, Y. J. Lee, M. S. Kim, and Y. B. Lee. 2012. Effect of different colored polyethylene mulch on the change of soil temperature and yield of chinese cabbage in autumn season. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(4): 511-514.