

## 생분해성 멀칭필름을 이용한 고구마 재배

이준설\*<sup>†</sup> · 정광호\*\* · 김학신\*\*\* · 김정주\*\* · 송연상\* · 방진기\*\*

\*국립식량과학원 바이오에너지작물센터, \*\*국립식량과학원, \*\*\*국립식량과학원 벼맥류부

### Bio-Degradable Plastic Mulching in Sweetpotato Cultivation

Joon-Seol Lee\*<sup>†</sup>, Kwang-Ho Jeong\*\*, Hag-Sin Kim\*\*\*, Jeong-Ju Kim\*\*, Song, Yeon-Sang\*, and Jin-Ki Bang\*

\*Bio-energy crop research center, National Institute of Crop Science, RDA, Muan 534-833, Korea

\*\*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

\*\*\*Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Iksan 570-080, Korea

**ABSTRACT** This experiment was conducted to determine the usability of biodegradable plastic in the mulching cultivation of sweetpotato. For this, we investigated the physical characteristics, biodegradability, leaching, yield, workability, etc. of biodegradable films. Compared with general mulching materials, biodegradable Poly butylenedipate-co-butylene succinate (PBSA) and PLC+starch showed 2~27% higher tensile strength, but 2~22% lower elongation and 2~6% lower tear strength. In the leaching test on the biodegradable films, heavy metals were detected very little or not at all. As to difference in ground temperature according to mulching material, the temperature was high in order of PLC+starch > PBSA > Low Density Polyethylene (LDPE) > Control during the period from late June to mid July, but in order of LDPE > PLC+starch > PBSA > None during the period from late July to late September. In the mulching cultivation of sweet potato, biodegradable films PBSA (EA, EB, EC) and PLC+starch (DD, DE, DF) began to degrade after 60 days from the cut planting of sweet potato, and over 95% degraded after 120 days. The quantity of roots was 3,070 kg/10a for PBSA, 3,093 kg/10a for PLC+starch, and 2,946 kg/10a for LDPE, showing no significant difference according to mulching material. Considering the physical characteristics, biodegradability, environment, convenience in harvesting work, yield, etc. of the films in the mulching cultivation of sweet potato, biodegradable films are expected to be very useful.

**Keywords** : Mulching, sweetpotato, PBSA, PLC + Starch, LDPE

**고구마** 주요 생산지는 아시아지역으로 전세계 생산량의 89%를 차지하고 있다. 우리나라는 1965년에 152천 ha로 최대 면적이 재배되기도 하였으나 식량의 자급이 이루어지면서 점차 감소되다가 최근 들어 17천 ha가 재배되고 있으며 고구마가 건강식품으로 인식되면서 계속적으로 재배면적이 증가하는 추세이다(농촌진흥청, 2007).

남미 열대지방이 원산지인 고구마는 온도가 높고 일사량이 많은 기후에 잘 적응하는 작물로 15~35℃ 범위에서 온도가 높을수록 생육이 왕성하다(Woolfe, 1992). 우리나라는 온대지방의 북부에 위치하여 고구마 생육기간이 비교적 짧은 편이나 여름철 온도가 높고 강수량이 많아 첫서리가 9월 중하순에 내리는 지방이면 고구마를 안전하게 재배 할 수 있다(농촌진흥청, 2002). 또한 90년대에 들어 고구마 조기 비닐피복재배 기술이 보급되면서 재배 적기가 3~4월 중순까지 확대되었고, 이는 한국 고구마의 주년 공급을 달성케 하는 주요 요인이 되었다(Adam, 1967; 농촌진흥청, 2002). 우리나라 농업에 있어서 획기적인 발전을 가져온 P.E(Polyethylene) 멀칭재배기술은 고구마를 비롯하여 여러 작물에 있어서도 생육촉진 및 수량증대에 큰 기여를 하였고, 재배시기조절이 가능하여 단경기에 조기출하 함으로써 가격이 높아져 농가 소득도 증대되었다. 작물재배에 있어서 P.E 멀칭재배는 토양수분 유지보존, 지온변화 억제, 토양침식 방지, 잡초의 억제 효과가 있으며 토양 내에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 가스가 지제부의 비닐 구멍을 통하여 방출됨으로서 광합성을 촉진하기도 한다(Cui *et al.*, 2000; Hwang *et al.*, 1996; Kim & Hong, 1996). 그러나 비닐피복재배는 이러한 장점 외에도 몇 가지 문제점을 안고 있다. 고구마를 P.E 멀칭하여 재배 할 경우 수확작업 전에 비닐을 걷어내야 하는데, 이 때 흙속에 묻혀

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-61-450-0143

(E-mail) jsl@rda.go.kr

<Received April 30, 2008>

있거나 토양 표면에 영커 붙은 비닐을 수거하는데 많은 노동력이 든다는 점이다. 이외에도 수확 후 토양에 남은 비닐은 분해되는데 오랜 기간이 걸려 토양오염 및 환경오염을 야기 시키기도 하며, 밭주위에 방치되어 농촌경관을 훼손하기도 한다. 우리나라의 경우 2005년 농촌 폐비닐 발생량은 323천톤이었으나 수거실적은 258톤으로 약 80%만이 수거되고 나머지는 농경지나 주변 환경에 버려진 것으로 보고되고 있고, 각 지자체에서는 해마다 폐비닐 수거 및 처리를 위하여 많은 노력과 비용을 지불하고 있는 실정이다(Schonbeck, 1995). P.E 플라스틱은 비단 농업분야 뿐 아니라 각종 폐비닐과 플라스틱 용기와 같은 생활쓰레기들과 함께 소각이나 매립에 따른 환경호르몬 누출, 맹독성 다이옥신 발생 등으로 사회적인 문제를 야기하고 있다(Garcia *et al.*, 1992, 김말남, 2002; 과학기술부/환경부, 2003). 따라서 현재 농업용 멀칭재로나 생활용기에 많이 이용되고 있는 폴리에틸렌(Polyethylene, P.E)의 문제를 해결하기 위하여 물성은 P.E 플라스틱과 같으면서 편리성을 가지며 또한 사용 후에는 토양 미생물, 광선, 지열 등에 의해 쉽게 분해될 수 있는 환경친화적이고 무해한 분해성 플라스틱개발에 대한 요구가 높아지고 있다(Albertsson *et al.*, 1992; Huag *et al.*, 1990; Jung *et al.*, 1999). 특히 유럽, 미국, 일본 등 환경을 중시하는 선진각국에서 쇼핑백, 플라스틱제병에 대한 생분해성 수지사용을 의무화하는 분해성 플라스틱의 실용화에 대한 연구 개발 및 산업화가 활발히 진행되고 있다(Lee *et al.*, 2001; Narayan, R., 1993; Scott, 1990). 분해성 플라스틱은 제조에 사용되는 소재와 분해되는 반응에 따라 일반적으로 생분괴성, 광분해성, 생분해성 플라스틱으로 나눈다(Chung *et al.*, 2003; Doane, 1992; Albertsson *et al.*, 1992). 생분괴성 플라스틱이란 미국 등에서 1990년대에 많이 이용되었던 것으로, 비분해성 플라스틱인 polyethylene(P.E), polypropylene(P.P), polystyrene 등에 전분과 같은 미생물에 의해 분해 가능한 물질을 일정 부분 첨가하여 플라스틱이 붕괴되도록 하는 것이다(상지대학교, 2003). 그러나 이는 어느 정도의 붕괴성은 확인되지만, 완전한 생분해성을 갖는 것은 아니며, 조각난 플라스틱 자체의 거동이 아직 미해결상태로써 근원적인 대책이 될 수 없다. 첨가된 전분의 일부만이 미생물에 의해 분해될 뿐 전분의 분해로 조각난 나머지 비분해성 플라스틱이 비산되어 2차 환경오염을 일으킬 수 있는 문제점이 남아있기 때문이다. 일반적으로 비분해성 플라스틱에 전분은 20~30% 이상을 첨가하기 어렵기 때문에 비분해성 플라스틱이 주가 되어, 첨가된 전분이 완전히 분해되기는 어렵다(Doane, 1992; Narayan, 1993). 광분해성 플라스틱은 분해과정에서 태양광의 작용에 의하여 분해되는 플라스틱

을 말하며, 1940년 DuPont에서 개발한 에틸렌(E)-일산화탄소(CO) 공중합체 등이 이에 해당된다. 이 밖에도 기존의 비분해성 플라스틱(PE, PP 등)에 광중감제, 금속화합물, 할로겐화물과 같은 감광성 시약을 첨가하는 경우도 있으나 이 경우 중금속 등 광분해산물이 환경오염을 일으킬 우려가 많으며, 쓰레기를 주로 매립 처리하는 우리나라에서는 적합하지 않은 방법이라 볼 수 있다(Scott, 1990; Albertsson *et al.*, 1992). 생분해성 플라스틱은 미생물이 생산하는 플라스틱(바이오플라스틱), 전분이나 지방족 폴리에스테르 등의 천연소재를 주성분으로 하여 제조하는 것과 여기에 분해성을 부여한 화학합성플라스틱으로 분류할 수 있다(Shin *et al.*, 1995; Shin *et al.*, 1997). 이들은 모두 땅 속에 묻거나 바다 속에 버려두면 세균이나 조류, 곰팡이와 같은 자연에 존재하는 미생물에 의해 분해되어 저분자화합물이 되었다가 최종적으로 물과 이산화탄소 또는 물과 메탄 가스로 변하게 된다(Bloembergen *et al.*, 1993; Ruy & Kim, 1998).

본 연구는 고구마 멀칭재배에서 문제가 되고 있는 수확 전 멀칭비닐의 수거 노동력을 절감하고, 농촌환경 오염의 원인이 되고 있는 폐비닐 처리 등의 문제를 해결하기 위하여 고구마 멀칭재배에서 생분해성 플라스틱 피복재 이용 가능성을 검토하고자 수행 하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 2005~2007년에 작물과학원 목포시험장 포장에서 수행하였으며, 시험구 배치는 난괴번 3반복으로 배치하였다. 실험품종인 신천미를 6월 15일에 포장에 삼식하고 멀칭하였으며 4개월의 생육기간을 지나 고구마를 수확하였다. 멀칭재료는 생분해성 플라스틱 필름으로 지방족 폴리에스테르(PBSA, Poly butyleneadipate-co-butylene succinate)가 주성분인 것과 수지에 전분을 가한 것(PCL, Polycaprolactone + starch)을 각각 두께에 따라 3종씩을 사용하였으며 대비구로서 일반멀칭재료인 폴리에틸렌(LDPE, Low Density Polyethylene)를 사용하였다. 재식간격은 휴간 70 cm, 주간 20 cm로 삼식 하였으며, 시비량은 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O을 각각 5.5, 6.3, 15.6 kg/10a씩 전량 기비로 시용하였다. 삼식 방법은 고구마를 삼식하고 그 위에 멀칭재료와 고구마 묘 사이가 공간이 생기지 않도록 밀착피복 하였으며 삼식 후 5일이 지나서 발근이 완료된 다음 묘를 노출 시켰다(Nakasuka & Andraday, 1992).

기계적 물성 평가는 Instron사의 UTM(universal test machine) 4202를 이용하여 인장강도와 인열강도, 신율 등 기계적 물성을 측정하였다. 인장강도와 신율은 ASTM(미국재료규격

시험협회) D882 규정에 의해 MD(machine direction)와 TD (transverse direction) 두가지 형태로 플라스틱조각을 만들어 strain rate을 500 mm/min으로 고정하여 측정하였고, 인열강도는 ASTM D1004 규정에 의해 MD, TD 방향으로 플라스틱조각을 만들어 strain rate을 50 mm/min으로 고정하여 측정하였다. 또한 포장피복 상태에서 인장강도와 신율 등 물성의 변화를 측정하였다(ASTM, 1998). 기계적 물성 측정 시 시료당 각각 7회를 측정하여 상한 및 하한치를 버린 후 5회 평균치를 구하였다. 중금속 용출 시험은 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, Varian, USA)를 사용하여 분석하였다. 시료액의 조제는 생분해성 플라스틱 필름 100 g을 정밀히 달아 초순수에 염산을 넣어 pH를 5.8~6.3으로 한 용매에 시료 : 용매 = 10 : 10(W:V)의 비로 혼합하였다. 혼합액을 상온에서 6시간 동안 진탕하여 유리섬유 필터로 여과한 후 여과액을 적당히 취하여 성분을 분석하였다. 고구마의 수량은 50 g 이상의 상품과근을 기준으로 조사하였으며, 굴절당도계(PR101, ATAGO, Japan)를 사용하여 당도(Brix°)를 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**피복재의 물성 및 농작업**

고분자 물질로 만들어진 생분해성 플라스틱은 환경친화성, 고기능성, 위생성, 편리성 등의 우수한 재질특성을 가지고 있어 유럽 등 선진국에서 사용량이 증가하고 있다. 그러나 이러한 생분해성 필름을 농업용으로 사용되기 위해서는 농작업에 적당한 물성을 갖추어야 되고 나아가 생육이나 수량에 있어서도 문제가 없어야 한다(농촌진흥청, 1998). Table 1에서 생분해성 PBSA나 PLC + Starch를 일반농업멀칭용 플라스틱인 LDPE와 비교해 볼 때 인장강도는 2~27% 상승하였으나 신율은 2~22% 낮았고, 인열강도도 2~6%가 낮았

다. 최근 고구마 멀칭작업은 트랙터에 부착한 비닐 피복기가 많이 사용되고 있는데, 농업현장에서 갖추어야 할 멀칭재료의 주요 물리적인 특성은 신율이나 인열강도이다. 생분해성 필름의 신율이나 인열강도를 LDPE와 비교해 볼 때, 두께 25 μm인 PBS(EA), APLC + Starch(DD)의 기계적 물성은 다소 낮은 편이었으나 실제 작업상황에서 갈라지거나 찢어지는 등 특별한 문제는 발생하지 않았다.

**피복기간에 따른 물성의 변화**

피복기간에 따른 인장강도의 변화는 생분해성 필름 EA, EB, EC, DD, DE, DF의 경우 피복 후 8월 14일(60~70일) 동안 급격히 감소하다가 그 후 완만한 감소를 보였다(Fig. 1). 제조 원료별로는 폴리에스테르와 전분이 합성된 DD, DE, DF가 폴리에스테르인 EA, EB, EC에 비하여 인장강도 변화율이 낮았으며 그 중에서도 EC의 물성이 매우 저하되었다. 두께별로는 25 μm가 20~15 μm 보다 변화율이 낮았

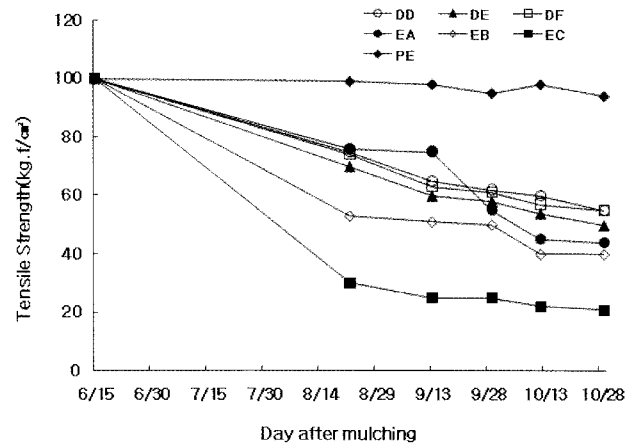


Fig. 1. Changes in the tensile strength of films in sweetpotato field.

Table 1. Physical and Mechanical Characteristic of Plastics.

| Plastics     |    | Tensile strength (kg.f/cm <sup>2</sup> ) | Elongation (%) | Tear strength (kg/cm) | Thickness (μm) |
|--------------|----|--|----------------|-----------------------|----------------|
| PBSA         | EA | 435                                      | 401            | 174                   | 25             |
|              | EB | 420                                      | 382            | 172                   | 20             |
|              | EC | 360                                      | 370            | 170                   | 15             |
| PLC + Starch | DD | 445                                      | 412            | 175                   | 25             |
|              | DE | 430                                      | 395            | 173                   | 20             |
|              | DF | 400                                      | 380            | 176                   | 15             |
| LDPE         |    | 350                                      | 420            | 180                   | 30             |

\* EA, EB, EC, DD, DE, DF : Flim name.

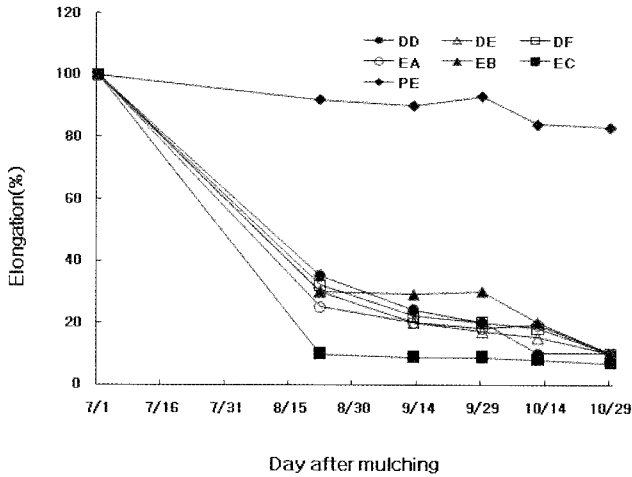


Fig. 2. Changes in the elongation of films sweetpotato field.

으며, 반면에 폴리에틸렌(LDPE)는 거의 변화가 없었다. 재배적인 측면에서 볼 때 이러한 생분해성 필름의 물리적 특성의 변화는 고구마 재배에서 크게 문제되지 않는다. 그 이유는 고구마는 삼식 후 60일이 지나면 지상부 줄기가 자라나 두둑을 덮을 시기가 되기 때문이다.

신율의 변화는 생분해성 필름 EA, EB, EC, DD, DE, DF의 경우 피복 후 8월 14일(60~70일) 동안 급격히 감소하다가 그 후 완만한 감소를 보였다(Fig. 2). 제조 원료별로는 EC의 경우 60~70일이 지나면서 급격한 물성저하를 보였으나, 그 외에 폴리에스테르와 폴리에스테르+전분 제품간의 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 또한 두께별로는 25  $\mu\text{m}$ 가 20~15  $\mu\text{m}$  보다 변화율이 낮았으며, 반면에 폴리에틸렌

(LDPE)는 매우 완만한 변화를 보여 인장강도의 변화와 비슷한 경향이였다.

**생분해성 필름의 유해성분 함량**

우리나라 농업에서 폴리에틸렌 필름을 사용하기 시작한 것은 1960년대 말 이후 비닐하우스가 도입되면서부터이며, 1980년대에 들어 원예 채소분야에 까지 이용되면서 백색혁명을 달성하였다. 그러나 다양하고 편리한 기능을 겸비한 폴리에틸렌 필름은 영농 후 제대로 수거되지 않고 무질서하게 방치되어 자연경관을 해칠 뿐 아니라 단기간에 썩지 않으며 소각할 경우 다이옥신의 발생으로 공기오염을 일으키는 등 환경오염에 대한 부정적인 면을 가지고 있었다. 따라서 생분해성 필름을 멀칭재료로 사용하기위해서는 그 편리성도 중요하지만 분해산물로부터 유해 물질이 검출되지 않아야 한다. ICP를 이용하여 생분해성 필름에 대한 용출시험을 수행한 결과 Cr, Cu, Zn과 같은 중금속들은 소량이 검출되기도 하였으나 대부분의 다른 성분들은 검출되지 않았다 (Table 2). 이와 같은 결과는 현재 국내 환경마크협회가 정하는 생분해성 수지 제품에 대한 유해물질 함량기준을 충족하는 것으로써 PBSA와 PLC + Starch가 토양과 환경에 유해하지 않음을 의미하는 것으로 판단되었다.

**멀칭 후 온도 변화**

6월 15일에 피복재별로 고구마 묘를 삼식한 후 수확기인 10월까지의 지온 변화는 Fig. 3와 같다. 이 기간 동안 평균 기온은 무멀칭이 23.0 $^{\circ}\text{C}$ , PBSA가 24.8 $^{\circ}\text{C}$ , PLC + starch는 25.1 $^{\circ}\text{C}$ , LDPE는 25.1 $^{\circ}\text{C}$ 로 무멀칭 보다는 멀칭이 높았으나

Table 2. Leaching test of Bio-Degradable Plastic.

| Item | Contents (mg/kg) |              | Content standard of hazardous elements <sup>†</sup> |
|------|------------------|--------------|---|
|      | PBSA             | PLC + Starch |   |
| Cd   | nd <sup>‡</sup>  | nd           | 0.5   |
| Pb   | nd               | nd           | 50  |
| As   | nd               | nd           | 25  |
| Hg   | nd               | nd           | 0.5   |
| Se   | nd               | nd           | -   |
| Cr   | 11               | 2            | 150   |
| Cu   | 12               | 8            | 200   |
| Ni   | nd               | nd           | 25  |
| Zn   | 52               | 41           | 500   |
| Mo   | nd               | nd           | -   |

<sup>†</sup>Content standard of hazardous elements of Korea Eco-Products Institute on Bio-Degradable Plastic.

<sup>‡</sup>Means of not detected.

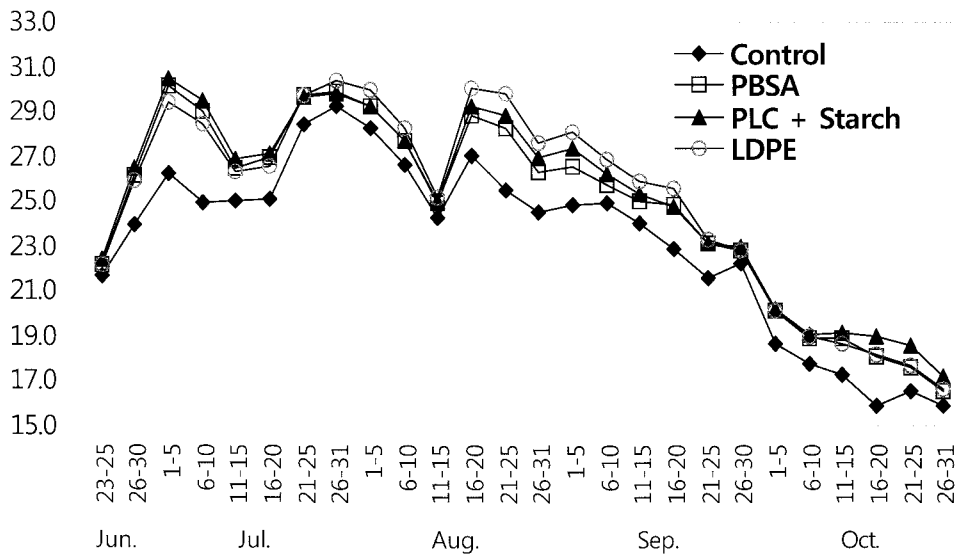


Fig. 3. Changes of soil temperature at 10cm depth of soil as influenced by type of mulching materials.

멀칭재료간에 뚜렷한 차이는 없었다. 한편, 멀칭재료간의 월별 지온차이를 살펴보면 6월 하순~7월 중순에는 PLC + starch > PBSA > LDPE > Control 순으로 온도가 높아지는 경향을 보이다가 7월 하순~9월 하순에는 LDPE > PLC + starch > PBSA > Control 순으로 온도가 높아졌다. 이와 같이 LDPE의 온도가 가장 높은 것은 PLC + starch나 PBSA가 이 기간부터 분해가 시작되고 LDPE는 그대로 형태를 유지하기 때문으로 생각된다.

**고구마 멀칭재배 시 분해 양상**

생분해성 플라스틱이란 소각을 통하지 아니하고 토양에 존재하는 박테리아, 조류, 곰팡이와 같은 미생물에 의해 쉽게 분해되고 환경에 영향을 주지 않은 것을 의미한다. 필름 종류별로 고구마 멀칭재배 후 분해양상을 조사하고 관찰한 결과는 Fig. 1, Fig. 4와 같았다. 생분해성 필름 PBSA(EA, EB, EC)와 PLC + Starch(DD, DE, DF)는 고구마 삼식 후 60~80일이 지나면서 분해되기 시작하였고, 수확기인 120일이 지나서는 95%이상이 분해되는 것을 확인하였다.



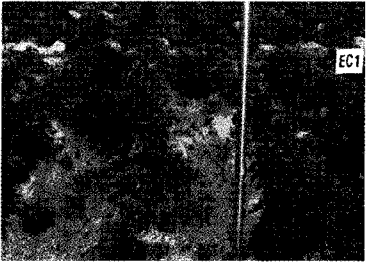



또한 생분해성 필름의 두께나 제조 원료간에는 별다른 차이가 없었으며, 아직 분해되지 않고 남은 조각들도 이미 형태가 변형되어 머지 않아 분해가 될 것으로 예상되었다. 반면에 일반멀칭재료인 LDPE는 육안상 변화를 보이지 않았다. 고구마 재배 시 농가에서 주로 사용하고 있는 LDPE는 멀칭재료로서 장점은 있으나 수확작업과정에서 비닐제거 시간이 많이 든다. 일일 수확작업 소요시간 중 비닐제거 시

간을 조사한 결과 50%를 차지하였다(Table 3). 멀칭작업과정에서 얇게 문힌 부분은 비닐제거 작업이 쉬우나 골에 깊게 문힌 부분은 삽이나 손으로 흙을 걷어내야만 제거되기 때문에 시간이 많이 소요된다. 고구마는 묘를 삼식하여 지상부가 두둑을 덮기까지 60일 정도가 지나야 한다. 따라서 이 기간까지는 멀칭재료가 두둑을 피복한 상태로 유지되어야만 멀칭재료로서 가치가 있다. 조사 결과 삼식한 묘가 두둑을 덮는 시기와 멀칭재료가 분해되는 시기가 거의 일치함으로써 고구마재배 시 생분해성 필름을 멀칭재배로 사용하기에 별다른 문제가 없었던 것으로 판단되었다. 금후 고구마 재배 시 생분해성 필름을 멀칭재료로 사용한다면 구입비가 상승될 수 있으나 수확작업의 간편성, 농업환경 오염 방지 등을 고려해볼 때 실제 농업현장에서 이용 가치가 매우 높을 것으로 생각된다.



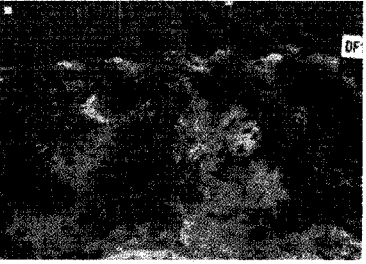

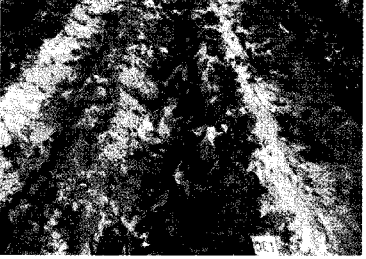

**피복재별 생육 및 수량**

삼식 후 120일이 경과한 다음 피복재료별로 생육 및 수량 특성을 조사한 결과, 지상부 생육은 멀칭재료간에 차이가 없었다. 또한 평균 피근 수량은 PBSA는 3,070 kg/10a, PLC + Starch는 3,093 kg/10a, LDPE는 2,946 kg/10a으로 멀칭재료간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 고구마 식미 품질특성에 가장 영향을 주는 당도도 멀칭재료간에 뚜렷한 차이가 없었다.

<PBSA>

| Cutting plant              | EA  | EB   | EC  |
|----------------------------|---|--|---|
| After 60 days              |  |  |  |
| After 120 day (harvesting) |  |  |  |

<PLC+Starch>

| Cutting plant              | DD  | DE   | DF  |
|----------------------------|---|--|---|
| After 60 days              |   |   |   |
| After 120 day (harvesting) |  |  |  |

<LDPE>



| Cutting plant              | P.E   |
|----------------------------|---|
| After 60 days              |    |
| After 120 day (harvesting) |  |

Fig. 4. Visual degradation changes of films at different mulching test period.

**Table 3.** The percentage of working hours in harvesting.

(Hr./Day)

| Classification | Vine cutting | Films remove | Digging | Collection and transport |
|----------------|--------------|--------------|---------|--------------------------|
| Percentage (%) | 10           | 50           | 15      | 25                       |

**Table 4.** Yield characteristics of sweetpotato by mulching materials.

| Mulching materials | Vine weight (kg/10a) | Vine length (cm) | Root yield (kg/10a) | Average weight of root (g) | Brix° % |      |
|--------------------|----------------------|------------------|---------------------|----------------------------|---------|------|
| PBSA               | EA                   | 3,417            | 167                 | 3,125±64                   | 139     | 20.8 |
|                    | EB                   | 2,931            | 147                 | 3,070±72                   | 134     | 19.7 |
|                    | EC                   | 3,250            | 160                 | 3,014±85                   | 137     | 21.4 |
| PLC + Starch       | DD                   | 2,750            | 167                 | 3,223±64                   | 136     | 19.2 |
|                    | DE                   | 3,100            | 164                 | 3,064±52                   | 134     | 21.7 |
|                    | DF                   | 2,850            | 164                 | 2,991±43                   | 137     | 22.1 |
| LDPE               | 3,125                | 144              | 2,946±106           | 135                        | 22.0    |      |

**적 요**

고구마 멀칭재배에서 생분해성 플라스틱 피복재 이용 가능성을 검토하고자 시험을 수행 한 결과 다음과 같다.

1. 필름의 물성은, 생분해성인 PBSA와 PLC + Starch는 일반멀칭재료인 LDPE에 비하여 인장강도는 2~27% 상승하였으나 신율은 2~22% 낮았고, 인열강도도 2~6%가 낮았다.

2. 피복기간에 따른 인장강도의 변화는 생분해성 필름의 경우 피복 후 60~70일 동안 급격히 감소하다가 그 후 완만한 감소를 보였고, 제조 원료별로는 PLC + Starch가 PBSA에 비하여 변화율이 낮았다.

3. 신율의 변화는 피복 후 60~70일 동안 매우 급격히 감소하다가 그 후 완만한 감소를 보였다. 제조 원료별로는 PLC + Starch와 PBSA 제품간의 뚜렷한 차이는 보이지 않았으나 15 μm PBSA의 경우 60~70일이 지나면서 급격한 물성 저하를 보였다.

4. 생분해성 필름에 대한 용출시험에서는 중금속들이 아주 작거나 검출되지 않았고, 국내 환경마크협회가 정하는 생분해성 수지 제품에 대한 유해물질 함량기준을 충족하였다.

5. 멀칭재료간의 월별 지온차이는, 6월 하순~7월 중순에는 PLC + starch > PBSA > LDPE > None 순으로 온도가 높아지는 경향을 보이다가 7월 하순~9월 하순에는 LDPE > PLC + starch > PBSA > None 순으로 온도가 높아졌다.

6. 고구마 멀칭재배 후 분해양상은, 생분해성 필름 PBSA (EA, EB, EC)과 PLC + Starch(DD, DE, DF)는 고구마 삼식 후 60일이 지나면서 분해되기 시작하였고, 수확기인 120일이 지나서는 95%이상이 분해되었다.

7. 피복재별 괴근 수량은 PBSA는 3,070 kg/10a, PLC + Starch는 3,093 kg/10a, LDPE는 2,946 kg/10a으로 멀칭재료간에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.

이상을 종합하여 볼 때 고구마 재배에서 생분해성인 PBSA와 PLC + Starch와 같은 필름을 사용한다면, 필름의 물성, 분해도, 환경친화성, 수확작업의 간편성 등을 고려해볼 때 실제 농업현장에서 이용 가치가 매우 높을 것으로 생각된다.

**인용문헌**

과학기술부/환경부. 2003. Development of Triboelectrostatic Separation Technique for Recycling of Waste Plastic. 산업 폐기물재활용기술개발사업보고서.

김말남. 2002. 퇴비화 조건에서 플라스틱의 생분해성 평가. 연구결과보고서.

농촌진흥청. 1998. Development of Biodegradable Mulching Films. 인하대학교 공과대학 고분자공학과 보고서.

농촌진흥청. 2002. 고구마 생산과 이용. 52-58.

농촌진흥청. 2007. 주요품목별 기술 전략. 152-171.

상지대학교. 2003. 완전 생분해성 폼포스트백 제조기술. 중소기업 기술혁신개발사업 최종보고서. 29-38.

Adam, J. E. 1967. Effect of mulches and bed configuration I. Early season soil temperature and emergence of grain sorghum and com. Agron. J. 59 : 595-599.

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.

- ASTM D3826-98. 1998. Standard Practice for Determining Degradation End point in Degradable polyethylene and Polypropylene Using a Tensile Test. American Society of Testing and Materials. Philadelphia, USA.
- Bloembergen, S., J. David, D. Geyer, A. Gustafson, J. Snook, and R. Narayan. Biodegradation and composing studies of polymeric materials. *Biodegradation Plastic and Polymers*. Doi, Y. and Fukuda, K. (eds). Osaka Japan. 601-609.
- Chung, M. S., W. H. Lee, Y. S. You, H. Y. Kim, and K. M. Park. 2003. Manufacturing Multi-degradable Food Packaging Films and Their Degradability. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 35(5) : 877-883.
- 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. *Starch.* 44 : 292-295.
- Garcia, 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
- Huag, J. H., A. S. Shetty, and M. S. Wang. 1990. Biodegradable plastic. a review. *Adv. Polym. Technol.* 10 : 23-30
- 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.
- 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.
- Kim, H. K., and B. H. Hong. 1996. Effects of Mulching Materials on Physical Properties of Soil and Grain Yield of Sesame. *Korean J. Crop Sci.* 31(3) : 260-269.
- 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 biophotodegradable composite film. *J. Int. Industrial Technol.* 29 : 129-134.
- 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
- Nakasuka, S. and A. L. Andrady. 1992. Thermo-gravimetric determination of starch content in starch-polyethylene blend films. *J. Appl. Polym. Sci.* 45 : 1881-1887.
- 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.
- Schonbeck, M. W. 1995. Evaluation of recycled paper film mulch and organic mulches as alternatives to black plastic mulch in vegetable horticulture. *Agriculture in Concert with the Environment ACE research projects Southern Region.*
- Shin, B. Y., H. B. Lee, and M. H. Cho. 1995. Photodegradable of HDPE film containing mechanically induced photosensitive groups. *Environ. Res.* 15 : 31-40.
- Shin, B. Y., S. H. Jang, and B. W. Jung. 1997. A study on the photo-biodegradable film containing calcium carbonate, starch and crab shell. *J. Int. Industrial Technol.* 25 : 103-119.
- Woolfe, J. A. 1992. *Sweet potato*. Cambridge University Press. New York.