

어젠다코드	1 - 1 - 1		구 분	과제완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	E02	작목구분코드	SF-01-SF15
과제종류	기관고유		세세부사업		
연구과제 및 세부과제			수행기간	과제책임자 및 세부책임자	
고랭지농업 안정생산 기술개발			'10~'12	환경농업연구과	김세원
1) 고랭지 밭 토양유실 방지를 위한 PAM 소재 적용성 평가			'10~'12	환경농업연구과	김세원
2) 생분해성 멀칭비닐의 실용성 검정			'11~'12	환경농업연구과	김세원
색인용어	고랭지, 경사전, 토사유실, PAM, Polyacrylamide, 토양응집제, 감자, 여름무생분해, 멀칭필름, 피복필름, BDP, bio-degradable plastic				

ABSTRACT

Soil erosion in agricultural highlands reduces soil fertility and productivity. It is also recognized as a major factor disturbing ecosystem. The soil of this area contains a high sand content, thereby accelerating soil erosion and non-point source pollution. So this study was conducted to evaluate the effectiveness of anionic polyacrylamide(PAM) on reduction of runoff and soil loss, and growth of two crops in the about 20% sloping area having a sandy-loam texture under natural rainfall event. In case of potato(*Solanum tuberosum*), more applications of PAM was good for soil loss reduction. In case of radish (*Raphanus satibus*), three kinds of method was adopted to apply PAM to soil : Spraying solution(SP), Broadcasting on soil surface(BP), Incorporation PAM to soil with lime(IP). The results of two year shows that IP method was most effective among treatments because of easy applying effort and soil loss reduction. Annually Soil loss treated SP and IP was decreased by 39~60%, respectively. There were some negative effects on radish growth by 16kg/10a PAM treatment but next year 8kg/10a application to the same plot has no problem. The use of polymeric soil amendments with lime fertilizer can be beneficial to reduce soil erosion. Bio-degradable plastics(BDP) are increasingly finding necessity in agriculture in order to conserve soil safety. A major agricultural application for degradable plastics is mulching films. This study was conducted to compare many kinds of BDP mulching film which are circulating now in domestic and foreign countries, and to achieve new informations about BDP films. We collected 13 kinds of films to test physical features and practical usage in crop cultivation. In case of cultivating radish(*Raphanus satibus*) and red pepper (*Capsicum annuum*) there are no problems with some BDP film in mulching work, yield and growth. With regard to BDP, sooner or later it will be good eco-friendly material in agriculture.

1. 연구목표

국내 고랭지 밭면적은 73,971ha로 그중 강원도는 전국의 63% 면적을 차지하고 있는데 하절기 집중강우시 토양유실로 인해 많은 토사가 수계로 유입되어 생태계를 교란하고 지력수탈이 초래된다. 2006년 7월에 집중호우로 소양강댐의 탁도가 최고 328NTU수준으로 흙탕물이 장기간 지속된 바 있어 심각한 사회적 관심사로 대두되었다. 특히 강원도내 양구, 홍천, 인제 등 소양강 상류에 위치한 고랭지 밭에서 집중 토양유실이 발생하여 2007년 환경부에서는 고랭지 밭 비점오염관리지역으로 지정하였고 정부에서는 고랭지 경작지 관리대책으로 2013년까지 3,895억원을 투입하여 토지매입 산림녹지 조성, 경작방법 개선, 재배작물 전환, 저감시설 설치 등 비점오염저감사업을 추진하고 있다.

국내농업은 다수확을 목표로 1990년대 이전 녹색혁명기를 거쳐 고투입 집약농업 체제에 본격 돌입하여 고품질 농산물의 연작 생산 및 주년공급체계를 갖추었다. 특히 비닐멀칭과 시설재배 확대에 의한 백색혁명의 결실을 통해 사계절 영농으로 생산성 증대 및 고품질 농산물 생산으로 단위면적당 급격한 소득향상도 이루어졌다. 국토면적 중 영농면적이 20% 미만인 어서 농지여건상 효율적 활용이 절박하였고, 더욱이 제초노력 절감과 수분관리 등 생력화에 있어 비닐의 확대보급은 농업생산의 큰 전환점 역할을 하였다고 판단된다. 1951년 농업용 PE(poly-ethylene)필름의 하우스가 국내 최초 도입된 후 70년대부터 채소류를 중심으로 하우스 농가가 본격 추진되고 80년대 이후에는 과수, 화훼 등 모든 분야의 노지와 시설재배로 비닐 사용이 확대되었다. 하지만 영농과정에서의 폐비닐이 소각 및 토양중 매립되어 농경지를 오염시키고 농촌경관의 악화 및 회수 노동력이 과다 투입되는 문제가 발생되고 있다.

비점오염원을 유발하는 토양유실 문제의 해결을 위한 정책은 크게 농공학적 방법과 경종적 방법을 통해 추진되는데 승수로, 우회수로, 배수로 정비, 돌망태, 계단전 조성 등 농공학적 방법은 많은 비용이 소요되고 또다른 환경생태 부작용의 우려도 있다. 반면 등고선 경작, 식생대 조성, 초생재배, 피복작물 입식, 녹비재배, 다년생 소득작목 식재, 무경운 재배 등 경종적 방법은 환경생태의 변이를 최소화할 수 있는 바람직한 방법이나 농업생산 소득을 추구해야 하는 농가로서 자발적인 실천의지를 유도할 수 있어야 하지만 현실적으로 한계가 있는 실정이다. 때문에 미국을 비롯한 일부 선진국에서 토사유실 억제와 수자원 보호를 위해 탁월한 효과와 실용성이 입증된 음이온성 고분자응집제 PAM(Polyacrylamide)에 대한 국내 연구도 확산되고 있다. 하지만 국내 농경지에는 실용적으로 활용되고 있지는 못한 상태이다.

PAM은 석유화합물로 천연가스로부터 합성되는 분자량이 1000이상인 고분자 물질이다. 강력한 흡착 관능기를 함유하여 토양내 양이온과 치환되고 토양을 응집시켜 토양의 결합능력을 증대시키고 유출을 억제하는 효과를 나타낸다. 고분자 토양응집제인 PAM은 다양한 용도로 활용되는 물질로 하수처리시 부유물질의 응집 침강제로 이용되기도 한다. PAM은 토양에 처리된 후 매년 약 10%가 자연분해된다고 보고되었고, 발암성을 유발하는 양이온성 PAM과 달리 음이온성 PAM은 장기연용해도 환경영향에 대한 연구과정에서 위해성이 확인되지 않고 생물에도 안전하다고 하였다. 토사유실 저감효과와 관련한 국내외 연구현황을 살펴보면 윤 등(2003)은 경사도 13% 지역에서 40kg/ha적용시 토양유실량이 67% 저감되었다고 하였고, 최 등(2010)은 PAM과 합성 Biopolymer를 이용 작물 재배시험 결과 경사도

20%수준 농경지에서 23~42%의 토사유실 저감효과를 나타낸 것으로 보고하였다. 특히 석회질비료의 일종인 석고(Gypsum)와 혼용할 경우 토사유실과 유거수량이 현저히 저감된다고 보고된 바 있는데(Jian Yu 등, 2003), 석회질비료에 PAM을 첨가하기 위한 제형화 기술개발이 필요하다.

농업용비닐은 크게 하우스 비닐과 멀칭용 비닐로 구분 생산된다. 교체주기가 3~5년 이상되고 이물질 혼입이 없는 하우스비닐의 경우 재활용율이 높지만 멀칭용비닐의 경우 1작기 1회용이고 흙, 잡초, 작물잔재물, 수분 등이 다량 혼입되어 재활용율이 낮으며 회수시 균열로 토양내 잔류 가능성이 높은 실정이다. 멀칭용비닐은 제조공정상의 비중에 따라 LDPE와 HDPE로 생산되며 기타 흑백, 녹색 및 은색비닐 등 유색비닐 등도 이용되고 있다. 발작물 노지재배가 많은 강원도에서는 고랭지를 비롯하여 HDPE 필름이 일반적으로 대량 보급되고 있다. 전국적으로 폐비닐 수거비 지원사업이 매년 실시되고 있는데 2011년 농식품부에서 환경부로 사업이 이관되어 수거 장려비가 농가에 직접 지급되고 있으며, 2012년 강원도의 대상 사업량은 20.6천톤이다. 연평균 전국 폐비닐 발생량 34만톤중 약 24만톤인 74% 정도가 한국환경공단을 통해 수거되어 재활용되고 있으며, 나머지는 매립 혹은 소각되어 환경오염을 유발하는 것으로 판단된다. 폐비닐은 마을단위로 공동집하장에 수거되고 있으나, 2012년 설치운영중인 곳은 적정량의 22%인 2,206개소에 불과하여 농촌경관 훼손과 수거의 어려움을 초래하고 있다.

최근 천연고분자플라스틱(BDP) 소재 생분해성 비닐의 농업적 실용화에 대한 관심이 증대되고 있다. 이는 관행필름의 원자재 비용과 회수 인건비 상승에 기인하고 있는데 이를 해결하기 위한 환경 친화적인 생분해 멀칭필름의 자재개발이 시급한 실정이다. 생분해성 고분자 플라스틱에 대한 세계적인 개발 움직임은 80년대 후반부터 시작되었는데 1993년 이후 본격 연구되어 석유계 생분해성 플라스틱 수지가 일부 개발되어 다양한 분야에 실용적으로 응용되고 있으며, 2006년 전체 플라스틱 시장은 연간 500만톤 규모로 10%만 생분해성 소재로 대체시 1조 5천억에 이르는 유망 산업으로 자리잡았다. 2012년 한국과학기술진흥원(KISTEP)에서는 생분해성 플라스틱 개발기술을 금후 10년 이내 10대 미래 유망기술로 선정할 바 있다. 이러한 생분해성 원료수지의 개발이 농업용 멀칭필름의 생분해 제품의 보급을 위해서 선행되어야 할 것이다. 일부 농업용 생분해 필름의 국내 생산업체가 존재하는데 생분해 수지는 아니지만 종이멀칭지로 개발된 논 잡초 제어용제품은 실용화 단계를 거쳐 농가에 보급중에 있으며, 발작물용은 아직 상용화하여 대량 보급되진 못한 실정으로 소규모 주문생산만 이루어지고 있다. 최근 농촌진흥청에서는 벼 부산물인 왕겨와 쌀겨로 생분해비닐을 제조하는 기술을 개발하고 제품화하여 시범사업을 추진중인데 금후 농가에서 생분해성 멀칭필름의 확대보급에 일조하리라 기대된다.

따라서 다각도의 선행연구결과를 토대로 국내 경작지 조건과 고랭지 기상여건, 대상작물에 알맞은 PAM 적용성을 검토하여 지속가능한 토양환경 및 지력보존을 통한 청정강원 농업기반 유지방안을 마련하고자 2010년부터 2012년까지 고랭지 현지포장에서 실증시험을 수행하였으며 생분해성 멀칭필름에 관한 민원인들의 다양한 궁금증을 해소하고 관련기술 정보를 제공하기 위해 선행 예비시험을 통해 일반필름을 대체할 수 있는 생분해성 필름의 효과를 확인하고, 2011년부터 2012년까지 2개년간 국내외의 생분해 멀칭필름 시제품을 수집하여 특성비교, 작물재배 실용성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

<제1세부과제 : 고랭지 밭 토양유실 방지를 위한 PAM 소재 적응성 평가>

(시험 1) PAM 소재 수집 및 특성평가

다양한 소재의 고분자 토양응집제를 비교 검토하고자 합성 및 천연물질 biopolymer 11종을 수집하여 이화학적 특성을 검토하였다. 유기물, 질소함량, 농도별 점도, 가격 등을 조사하였다. 유기물과 질소는 CN원소분석기(Elementar, vario-Max), 농도별 점도 테스트는 점도계(Rion, VT-03)를 사용하여 측정하였다.

합성 PAM물질의 적정 살포농도를 구명하고자 토사유실 간이측정 예비 테스트를 수행하였다. 벼 육묘상자(30*60cm)에 습토 5kg을 충전한후 경사도 40%로 구배를 주었으며 PAM제품중 Soilfix G1(Ciba chemical)을 100, 200, 500, 1000, 2000, 4000ppm으로 액상 조제하여 표면이 충분히 적시도록 1L씩 고압분무기로 분사 처리하였다. 인공강우 조건은 분무량 80mm/hr수준으로 총 3회 다가가 관수노즐로 분무하였고 트레이에 흘러내린 유거수를 건조시켜 토사량을 측정하였다.

(시험 2) 감자 재배지 PAM 시용방법별 토사유실 저감효과 검증

감자 재배지 PAM 처리효과를 구명하고자 2010년도 홍천군 내면 자운리에 설치된 경사장 18m, 폭 3m, 경사도 15~20% 내외 조건의 간이 라이시미터에서 수행되었다. 합성 PAM인 Soilfix G1을 0.2, 0.5, 1kg/10a, 강원대학교에서 개발한 천연 Biopolymer 1kg/10a을 1000배액 용액으로 조제하여 잡초 발아억제제인 나브 유제와 혼용 살포하였으며, 시험구배치는 난괴법 3반복으로 처리하였다. 토사유실량은 라이시미터 하단에 37.6, 23.6, 17.2L 용량의 버킷을 3단계로 각각 설치하고 강우시기별 총 3회에 걸쳐 유실토양이 포함된 유거수를 교반기로 진탕시켜 버킷별로 300ml 용기에 3반복 채취하고 실험실에서 여과후 유실량과 유거수량을 조사하였다. 감자품종은 수미를 공시하여 재식거리 70*30cm로 비닐멀칭없이 5월 11일 파종하였고 10월 13일 수확하였으며 규격서율과 수량성을 조사하였다.

(시험 3) 여름무 재배지 PAM 시용방법별 토사유실 저감효과 검증

여름무 재배지 PAM 처리효과를 구명하고자 2011~2012년 2개년간 (시험2)와 동일한 장소의 시험포장 라이시미터 조건에서 수행되었다. 여름무 재배지의 시험전 토양화학적성은 표 1과 같다.

표 1. 시험전 토양의 이화학적성

Soil texture	pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ca	Mg	K	NO ₃ -N (mg/kg)
					(cmol(+)/kg)			
Loamy Sand	5.5	0.13	19.5	439	2.8	0.8	0.3	2.00

액상분무시 점도가 높아 살포에 어려움이 있어 분말상태로 처리할 경우의 효과에 주안점을 두고 2011년 1년차에는 Soilfix G1을 이용하여 액상분무(2kg/10a, 1000배액), 분말표면시용

(2kg/10a, 석회혼용), 토양혼화(8, 16kg/10a, 석회혼용) 등 5처리를 두고 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 증량제로 사용된 석회질비료는 고토석회 분말로 133kg/10a 수준으로 무처리구에도 동량을 처리하였다. 2012년 2년차에는 동일 처리구내 PAM살포량을 1/2수준으로 감량하여 처리하였다. 토사유실량과 유거수량은 (시험2)와 동일한 방법으로 작기중 총 5회 조사되었다. 여름무 품종은 대동무(신젠타 종묘)를 공시하였고 비닐멀칭은 하지 않은 상태에서 재식거리 70*25cm로 파종하였다. 1년차에는 6. 22일 파종, 9. 1일 수확하였고 2년차에는 6. 29일 파종, 9. 11일 수확하였으며 지상부, 지하부 생육과 수량성을 조사하였다.

<제2세부과제 : 생분해성 멀칭비닐의 실용성 검증>

(시험 1) 제품수집 및 특성평가

현재 개발된 생분해성 멀칭필름 제품을 비교검토하고자 농가에서 관행필름 3종(흑색 HDPE, 녹색필름, 일본제품)을 대조로 하여 생분해성 필름 11종(국내 7종, 일본 4종)과 종이 멀칭지 1종을 수집하였다.

생분해 제품은 (주)대상 전분당연구소, (주)일신화학, CR비닐 등 관련업체를 통해 일부 협조 분양받고 유통 시제품을 구입하여 확보하였다. 특히 일본 제품의 경우 (주)대상 전분당연구소로부터 시제품을 분양받았는데 실제 일본에서 친환경농업인을 대상으로 생산보급되는 제품이었다. 제품수집과정에서 제조업체와 생산 보급에서의 문제점, 원료특성, 작물별 적용성 등을 협의하였으며, 수집된 제품은 인장강도, 신장율, 두께 및 중량 등 물성과 전분함유 여부 등을 검사하였다. 수집된 제품의 발작물 적용성을 통해 문제점을 확인하고자 홍천군 내면 자운리 현지포장에서 피복, 파종, 천공작업 등 농작업 편의성을 비교하고 13종에 대해 유망한 제품을 스크리닝하였다. 시험작물은 대동무로 2011년 6월 22일 1열씩 70*25cm 간격으로 파종하였는데 시험구배치는 완전임의배치법 3반복으로 하였다. 작기중 생분해도를 달관조사하고 9월 1일 처리구별 10주씩 수확하였으며 무 생육과 수량성을 조사하였다. 생분해성 필름의 수확기 중량감소량을 확인하고자 지상부에 남은 필름을 회수하여 세척 건조후 무게를 측정하였다.

(시험 2) 포장검정 작물재배 시험

1차년도에 스크리닝된 유망제품과 관행필름을 포함한 5종에 대해 작기가 다른 두 작물에 대해 2012년 2년차 재배시험을 추진하였다. 단기식물은 1년차와 동일하게 고랭지인 홍천군 내면 자운리 시험포장에서 수행되었으며 여름무(대동무)를 6.29일 파종하였고 9.10일 수확하였다. 시험구는 14m씩 3열로 완전임의배치 3반복으로 배치하였고 처리간 간섭을 피하고자 가운데 열에서 10주씩 수확하여 생육 및 수량성을 조사하였다. 장기식물은 평야지인 춘천시 신북읍 산천리 포장에서 고추(마니파)를 5.14일 정식하였고 8.13일부터 10월중순까지 4회에 걸쳐 홍숙된 과실을 수확하여 과수와 이병과, 수량을 조사하였다. 단 조기분해되어 잡초로 인한 생육장해가 우려될 경우 생육초기에 1회 손제초하였다. 작기중 생분해도는 두 작물 모두 달관조사하였으며 경제성을 분석하였다.

(시험 3) 토양매립 분해도 측정 시험

생분해 필름의 토양중 분해도를 조사하고자 수집된 제품 13종에 대해 직경 15cm의 원형으로 절단하고 홍천군 내면 자운리 포장에서 3반복으로 2011년 7월 30일 최초 토양에 매립 후 15일 간격으로 총 8회 회수하여 중량 감소분을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

<제1세부과제 : 고령지 밭 토양유실 방지를 위한 PAM 소재 적응성 평가>

(시험 1) PAM 소재 수집 및 특성평가

수집된 11종의 제품소재에 대한 특성은 표 2와 같다.

표 2. PAM시제품 수집 : Soilfix등 합성물질, 천연소재 등 11종

구분	품명	제조사	pH (0.5%)	Total-C (%)	Total-N (%)	가격대 (원/kg)	
합성 (6종)	PAM제품-1	Ciba	6.5	41.8	15.6	5~8천원	
	PAM제품-2	Ciba	7.0	41.6	15.6		
	PAM제품-3	Nalco	7.3	38.4	11.9		
	PAM제품-4	Nalco	6.2	41.9	13.6		
	PAM제품-5	Nalco	6.9	44.9	17.0		
	PAM제품-6	이양화학	7.2	42.3	15.2		
천연 (5종)	구아검	원료수입	8.5	40.9	1.4	3~5백원	
	잔탄검	원료수입	8.8	46.2	14.2		
	합성글루텐	원료수입	9.0	49.3	13.1		
	천연보습제	Zeba	8.1	40.3	1.3		10천원<
	천연 Biopolymer	강원대협조	8.2	34.9	7.8		?

합성 PAM의 경우 0.5%용액의 pH는 6.5~7.3으로 중성을 나타내었으나 천연 고분자물질 소재는 약알칼리성을 보였다. 유기탄소 함량은 35~49% 범위였으며 질소함량은 제품 소재별 다양한 범위를 나타내었다.

고분자 토양응집제를 농경지에 액상 살포하는데 있어 점성의 영향이 클 것으로 판단되어 농도별 조제후 점도를 측정한 결과는 표 3과 같다. 천연물질인 구아검과 잔탄검에 비해 합성 PAM인 Soilfix의 경우에 같은 농도에서 약간 높은 경향을 보였다.

표 3. PAM농도별 점도(Viscosity, cps)

시료구분	0	50ppm (0.005%)	100 (0.01)	200 (0.02)	500 (0.05)	1000 (0.1)	2000 (0.2)	4000 (0.4)
Soilfix	1	?	?	5	15~20	40	80	110
구아검	1	?	3	5	12	30	60	90
잔탄검	1	?	3	5	14	30	60	90

적정 살포농도를 구명하고자 간이 토사유실 실험을 수행한 결과, 1000ppm(0.1%) 이하에서 정상적으로 표토에 고른 분사가 가능하였고 0.2%이상 고농도에서는 분사가 곤란하여 토사유실량이 오히려 증가되었다(표 4). 물론 물계 희석될수록 살포가 용이하겠으나 물의 양이 과량 소요되므로 적정한 농도는 0.1%로 생각된다.

표 4. 합성PAM 적정 살포농도 구명을 위한 토사유실량 간이측정

구분	control	100ppm (0.01%)	200 (0.02)	500 (0.05)	1000 (0.1)	2000 (0.2)	4000 (0.4)
토사유실량 (g/0.18m ²)	49.4g	44.7	43.4	35.1	26.9	48.7	44.6

* 실험조건 : 벼육묘상자(30×60cm)에 토양 5kg충진후 40%경사도 조건에서 관수노즐 분무

(시험 2) 감자재배지 PAM 시용방법별 토사유실 저감효과 검증

1차년도 감자 재배지에서 PAM처리효과를 구명하고자 시험한 바, 당해연도 기상조건은 그림 1과 같다. 집중강우기인 7~8월중 평균강우량은 530mm로 평년(767mm)보다는 낮았다. 최대강우일은 7.16일 46.5mm, 8.26일 48.2mm였으며 최대강우심일은 8.15일로 32.5mm/hr였으며, 작기중 3회에 걸쳐 토사량 및 유거수량을 조사하였다(표 5).

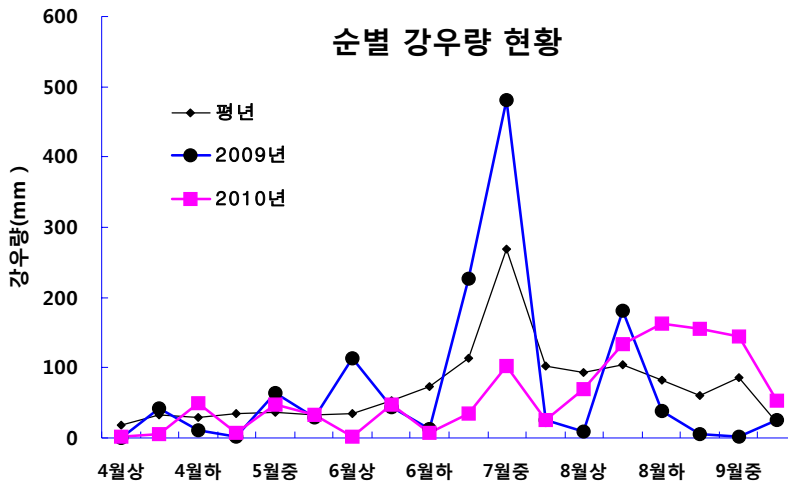


그림 1. 2010년 순별 강우량 현황(홍천 내면 자운리)

표 5. 2010년 간이 라이시미터 토사유실 측정을 위한 강우기간

조사회차	채수일자	강우기간	강우량 (mm)	일평균강우량 (mm/day)	최대강우심도 (mm/hr)
1회	2010-07-20	7.16~7.19	97	24.3	13.5
2회	2010-08-16	8.10~8.15	144	24.0	32.5
3회	2010-08-27	8.23~8.26	143	35.8	22.0

7.16일부터 8.26일까지 3회에 걸쳐 측정된 토사유실량 누계는 그림 2와 같다. 반복간 변이가 심하여 통계적 유의성은 없었으나, 합성 PAM인 Soilfix의 사용량과 토사유실 저감율이 비례하는 경향을 보였는데 1kg/10a 처리시 49%의 저감율을 나타내었다. 천연물질로 조성된 biopolymer는 soilfix와 달리 효과가 전혀 없었다.

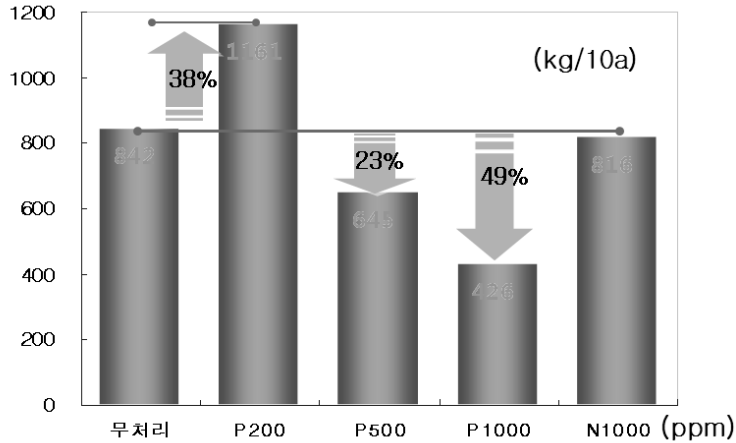


그림 2. 2010년 감자재배지 작기중 토사유실 누계량

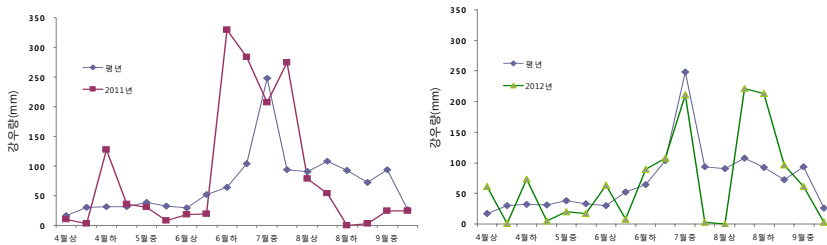
감자의 수량성을 조사한 결과(표 6), 0.2~0.5kg/10a수준의 PAM을 처리한 경우에는 증수 효과가 나타났는데 이는 PAM의 시용 효과가 토양유실 저감 효과 뿐만 아니라 작물의 성장에도 효과가 지속적으로 나타난다고 한 Levy 등(1991)의 보고와 일치한다고 사료된다. 다만 Soilfix 1kg/10a 처리시 오히려 수량 감소요인이 발생하였는데 이러한 부작용의 기작이 어떤 요인에 의한 것인지 보다 면밀한 검토가 필요할 것이다.

표 6. PAM처리에 의한 감자의 수량성

처리		조사구 수확(2.1*1m, 3반복평균)				규격서울 (%)	지수
		규격미달	규격서	규격초과	합계		
무처리	개수(개)	7.0	26.0	1.0	34.0	76.5	
	수량(kg)	0.16	3.52	0.43	4.1	85.7	100a
P200	개수(개)	15.3	44.7	3.7	63.7	70.2	
	수량(kg)	0.33	5.70	1.02	7.1	80.8	162a
P500	개수(개)	10.0	33.3	2.0	45.3	73.5	
	수량(kg)	0.21	4.37	0.57	5.2	85.0	124a
P1000	개수(개)	9.7	21.0	3.3	34.0	61.8	
	수량(kg)	0.23	2.87	0.94	4.0	71.1	81a
N1000	개수(개)	10.0	31.7	3.7	45.4	69.9	
	수량(kg)	0.25	3.84	1.03	5.1	75.0	109a

(시험 3) 여름무 재배지 PAM 시용방법별 토사유실 저감효과 검증

감자의 경우 4월에 파종되어 장마철 이후 본격적인 지상부 피복이 형성되지만 여름무의 경우 저온에 의한 추대현상 때문에 고랭지에서는 장마철이 가까운 6월하순부터 파종이 가능하다. 따라서 집중강우기에 작물의 피복도가 낮으므로 토사유실에 매우 취약한 작물이므로 PAM의 효과가 보다 뚜렷히 나타날 수 있을 것이라는 기대를 가지고 2년간 시험을 추진했다. 연구기간중 강우현황은 그림 3과 같다. 2년간의 강우패턴은 매우 상이하였는데 2011년에는 강우일수가 오래 지속되고 강우량이 많았지만 상대적으로 최대 강우심도가 27mm/hr에 불과하였지만 2012년은 무 초기생육기인 6~7월에 평년보다 훨씬 적은 강우량을 나타내었으며 작기 후반인 8.15일에 43mm/hr로 높은 강우심도를 보였다.



강우 현황	2011년	2012년	평년
6~7월 강우량	1132mm	433mm	593mm
파종후 강우일수	37days/50	21days/50	-
최대 일강우량	144mm/day(7.27)	90.5mm/day(7.6)	-
최대 강우심도	27mm/hr(7.3)	43mm/hr(8.15)	-

그림 3. 여름무 재배지 연차별 강우현황(홍천 내면 자운리)

2011년 작기중 5회에 걸쳐 조사된 강우시기별 토사유실량은 그림 4와 같다. 1~3회차까지는 강우패턴이 유사하여 비슷한 경향치를 나타내었고 7월하순 이후 4~5회차는 여름무의 지상부 피복이 이루어진 상태로 상대적으로 유실량이 매우 적었다.

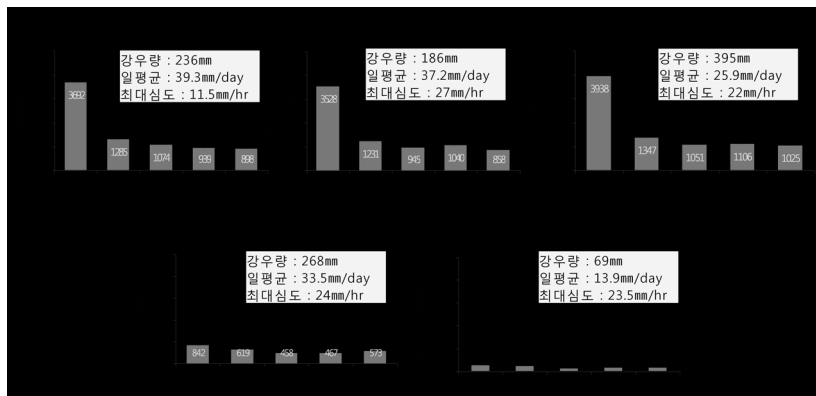


그림 4. 2011년 여름무 재배지 강우시기별 토사유실량

작기중 토사유실 누계량 및 저감효과는 PAM처리구 모두 반복간 뚜렷하게 효과를 나타내었는데, 무처리 대비 62~71%가 저감되었다(그림 5). PAM의 농경지 시용을 위해서는 증량제가 필요하므로 액상관주하거나 석회와 혼용할 필요가 있다. 국내 선행연구에서는 대부분 액상관주에 의한 실험이 이루어졌으나, 상대적으로 석회혼용 토양혼화 처리가 손쉽게 살포가 가능한 유리한 방법으로 판단되었다.

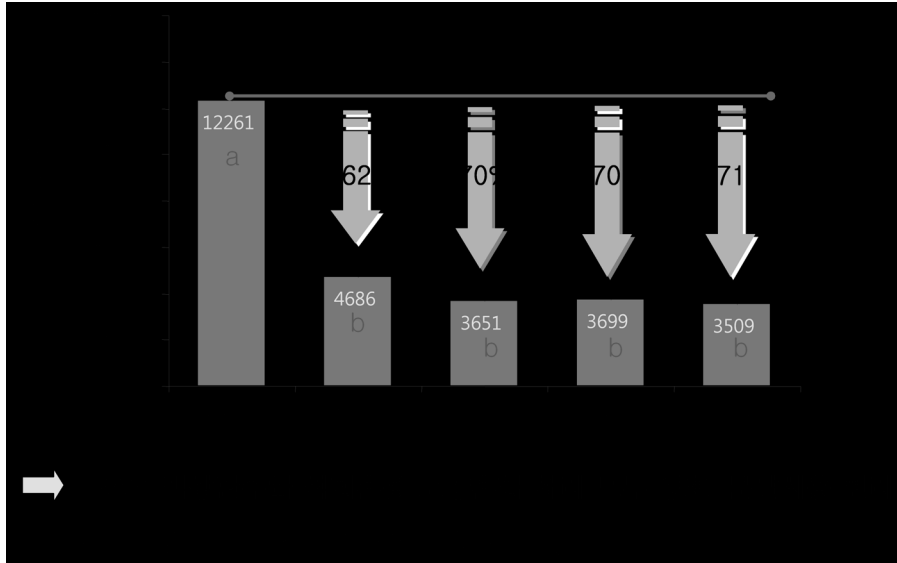


그림 5. 2011년 PAM 처리방법별 토사유실 누계량

2011년 Soilfix 16kg/10a(액상농도의 8배) 석회혼용하여 처리한 경우 표토의 보존 효과는 매우 뛰어나지만 여름무의 결주율이 36% 증가하고 생육이 지연되는 양상을 보였는데(표 7), 이는 PAM이 토양입단화와 통기성을 향상시킨다고는 하나(Orts 등, 2001) 일정 임계수준 이상의 과량이 투입되면 토양공극을 막고 물리성을 악화시켜 종자발아에 악영향을 미칠 수도 있는 것으로 확인되었다. 금후 과량 시용에 의한 작물의 생리적 부작용에 대한 우려를 불식하기 위해선 정밀한 기작 확인이 필요할 것으로 판단된다.

표 7. 2011년 여름무 지상부 생육

처리	입모율 (%)	엽장 (cm)	엽수 (매)	엽중 (g/주)
관행구	93a	49	21.7	308
액상관주	88a	47	22.7	268
표면시용	91a	50	22.5	295
8kg혼화	84a	51	22.1	283
16kg혼화	59b	47	22.9	303

수확된 무의 지하부 생육과 수량성은 표 8과 같다. 결주가 많은 16kg/10a 혼화구에서는 근경, 근중, 상품율이 높았으나 상품주수를 기준으로 수량은 관행구의 72% 수준이었고 나머지 처리는 관행의 90~97%로 대등한 경향이였다.

표 8. 2011년 여름무 지하부 생육 및 수량성

처리	근경 (cm)	근장 (cm)	근중 (g/주)	상품율 (%)	상품수량(지수)	
					kg/10a	주수(개)
관행구	9.0	35.3	1,365	83.1	5,918a (100)	4,347a(100)
액상관주	9.0	35.0	1,287	83.2	5,303ab(90)	4,107a(95)
표면시용	8.9	36.1	1,376	82.7	5,814a (98)	4,213a(97)
8kg혼화	9.3	35.0	1,448	83.0	5,639a (95)	3,920a(90)
16kg혼화	10.1	35.3	1,629	95.1	5,101b (86)	3,147a(72)

전년도에 PAM 16kg/10a 수준의 과량 살포시 작물생육 장애가 확인되어 년차별 연용에 의한 작물생육 평가와 토사유실 저감효과를 살펴보고자 2012년에는 동일 처리구에 살포량을 절반으로 줄여 처리하였는데 강우시기별 토사유실량은 그림 6과 같다. 강우심도가 강한 2회차와 4회차 조사시기에 유실량이 상대적으로 많았음을 알 수 있다.

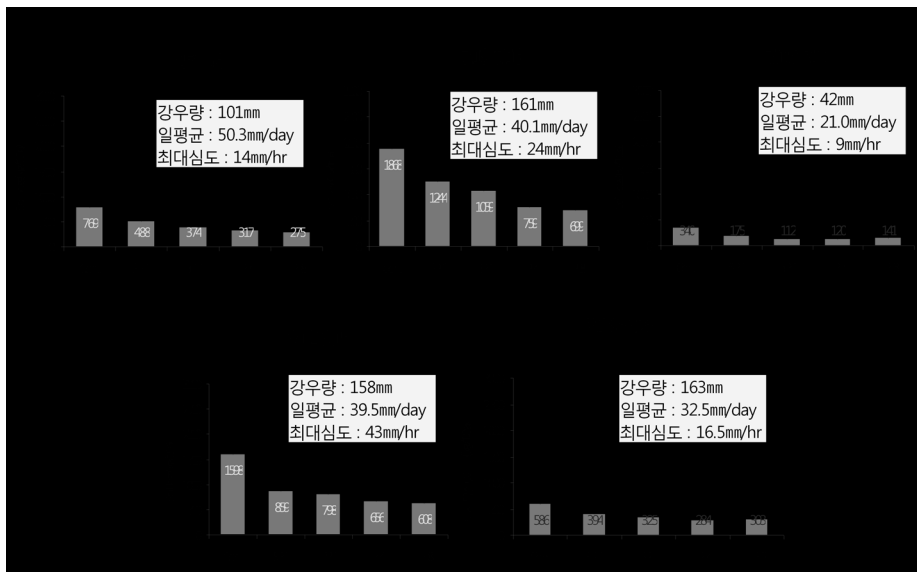


그림 6. 2012년 여름무 재배지 강우시기별 토사유실량

2012년 작기중 토사유실 누계량 및 저감효과는 그림 7과 같다. 년차별로 PAM처리구 모두 반복간 뚜렷하게 저감효과를 나타내었는데 무처리 대비 39~61%가 저감되었다. 특히 2년 차에 PAM 살포량을 1/2수준으로 줄인 결과, 표토에 액상관주 처리보다 석회혼용 토양혼화 처리가 훨씬 양호한 결과를 나타냄을 알 수 있었다.

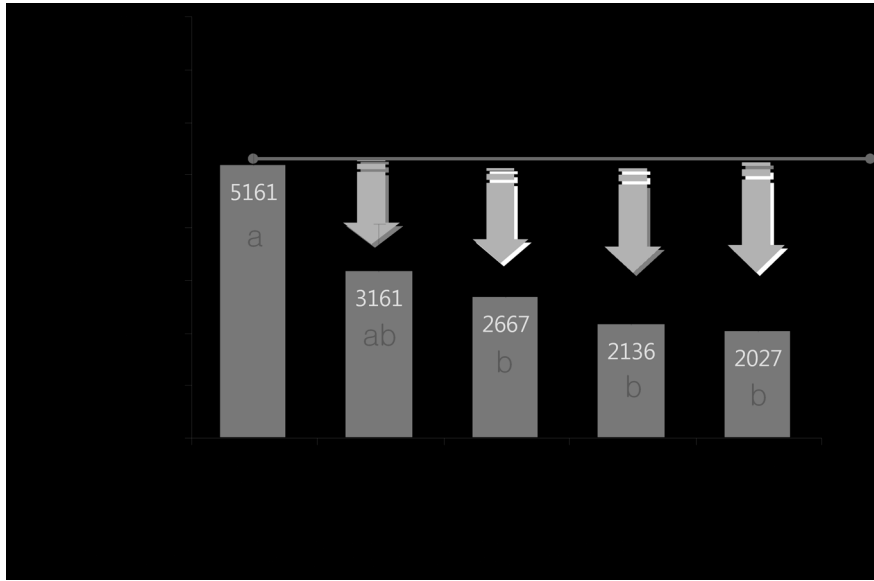


그림 7. 2012년 PAM처리방법별 토사유실 누계량

연차별 유거수량(run-off)의 누계량은 PAM처리시 감소되는 경향이나 통계적 유의성은 없었다(그림 8).

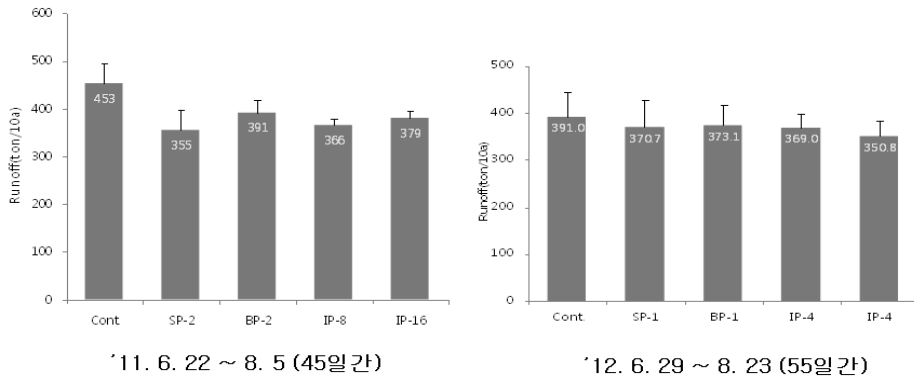


그림 8. 처리구별 유거수 누계량

2012년 동일 처리구내 PAM 연용에 따른 여름무의 생육 및 수량은 표 9와 같다. 1년차에 생육장애를 보였던 16kg/10a처리구에 8kg/10a를 연용하였으나 충분한 토사유실 저감효과와 함께 무는 정상생육을 나타내었고 상품수량도 관행과 대등하였다. 따라서 PAM 4kg/10a을 일정기간 연용하여도 작물생육에 영향없이 충분한 토사유실 저감효과를 얻을 것으로 기대된다. 석회질비료는 정부에서 토양개량을 위해 농가에 무상지원되는 농자재이므로 제조과정에서 고분자 응집제인 PAM을 일정량(20kg 석회고토 1포대당 약 200~400g) 함유시키는 정책적인 방법이 필요할 것으로 판단되었다.

표 9. 2012년 여름무 생육 및 수량

처리	입모율 (%)	엽장 (cm)	엽수 (매)	엽중 (g/주)	근경 (cm)	근장 (cm)	근중 (g/주)	상품율 (%)	수량 (kg/10a)
관행구	90.0	39.5	20.1	241	8.3	31.8	1,167	86.2	5,069ns
액상관주 1kg/10a	93.3	38.5	20.5	242	8.0	31.9	1,078	87.3	4,895ns
표면시용 1kg/10a	89.0	39.3	20.0	240	8.4	31.6	1,123	89.3	5,001ns
토양혼화 4kg/10a	86.2	39.5	20.1	237	8.3	31.0	1,116	88.2	4,708ns
토양혼화 8kg/10a	85.7	40.9	20.2	242	8.5	31.9	1,257	85.5	5,165ns

<제2세부과제 : 생분해성 멀칭비닐의 실용성 검증>

(시험 1) 제품수집 및 특성평가

수집된 생분해 필름 제품의 원료수지를 확인해 본 결과 독일 Basf사 Ecoflex, 국내산 Enpol, (주)대상 Bionyl-M, 일본 쇼와케미칼의 Bionolle 등 구체적인 종류와 원료배합 공정은 제품별로 다양하고 업체 기밀에 해당하여 정확한 확인은 곤란하였다. 제품별 물성측정 결과(표 10), BDP-DS, 일본 바이오멀치 제품은 일반필름과 인장강도가 대등하였고 신장율은 BDP-IS 등 4종과 바이오멀치가 양호하였다. 전반적으로 생분해 필름은 BDP-UN과 IS를 제외하고 관행필름보다 두께가 두껍고 중량이 높게 나타났다. 2번 녹색필름의 경우 색소 혼입을 위해 비용이 비싸며 두꺼운데 보통 시설재배와 과채류 재배시 특수용도로 이용되는 것으로 알려져 있으며, 노지 엽채류나 근채류에서의 관행필름을 대체하기는 곤란하다고 판단된다. 시제품의 제작규격이 다양하여 농기계를 이용한 피복 적합 여부는 확인하지 못하였는데 종이 멀칭지 등 두께와 용량이 큰 제품은 피복작업 및 천공작업이 불량하여 발작물 적용에 문제가 있었지만 기타 생분해 제품은 관행필름과 농작업을 수행하는데 어려움이 없었다.

표 10. 수집제품의 인장강도 및 두께 정밀측정 결과

No	시험제품	인장강도(kgf/cm ²)		신장율(%)		두께 (μm)	중량 (g/m ²)
		가로	세로	가로	세로		
1	관행(흑색)	550(대조)	966(대조)	681(대조)	271(대조)	11	13.2±0.9
2	관행(녹색)	286(0.52)	371(0.38)	853(1.25)	612(2.25)	24	25.4±0.5
3	관행(일본)	375(0.68)	421(0.44)	847(1.24)	641(2.36)	16	17.1±1.0
4	생분해수지+종이	123(0.22)	62(0.06)	4(0.01)	3(0.01)	67	59.8±0.7
5	BDP-UN	184(0.33)	292(0.30)	11(0.02)	164(0.61)	11	16.8±1.2
6	BDP-UB	121(0.22)	143(0.15)	14(0.02)	21(0.08)	44	63.1±3.3
7	BDP-IS	202(0.37)	392(0.41)	440(0.65)	193(0.71)	10	18.4±2.3
8	BDP-DS	426(0.77)	456(0.47)	878(1.29)	206(0.76)	16	26.0±1.4
9	BDP-KS-60일	224(0.41)	251(0.26)	716(1.05)	260(0.96)	17	22.6±1.4
10	BDP-KS-90일	273(0.50)	266(0.28)	801(1.18)	274(1.01)	14	22.2±1.1
11	아구리에스(일)	231(0.42)	298(0.31)	15(0.02)	38(0.14)	15	22.3±1.4
12	바이오멀치(일)	595(1.08)	673(0.70)	806(1.18)	486(1.79)	16	22.9±0.9
13	큰멀치Ⅱ(일)	240(0.44)	282(0.29)	513(0.75)	335(1.24)	15	22.1±0.9

* 1(국산흑색), 2(녹색), 3(일본흑색), 4(종이멀칭지), 5~10(국산생분해), 11~13(일본생분해)

작기중 생분해도를 비교한 결과, 종이멀칭지와 생분해 2종은 피복후 15~30일 이내 100% 조기 분해되어 실제 무를 재배하는데 곤란하였으나 기타 제품은 수확기까지 형태를 유지하여 잡초 억제효과가 지속되었다. 수집제품의 스크리닝을 위해 작물재배를 한 결과(표 11, 그림 9), 국내 제품중 BDP-UN, IS, DS 등 3종은 수확된 무의 상품율과 근중이 관행과 대등 양호하여 1년차에 선발하였다.

표 11. 수집제품별 여름무의 생육양상 ("11)

No	시험제품	엽장 (cm)	엽수 (매)	엽중 (g/주)	근경 (cm)	근장 (cm)
1	관행(흑색)	46.6	23.1	329	10.1	37.3
2	관행(녹색)	46.5	22.5	277	10.3	37.0
3	관행(일본)	47.2	22.1	287	10.4	36.1
4	생분해수지+종이	37.7	18.6	168	7.6	30.9
4-1	종이+생분해수지	43.5	20.9	242	8.8	31.1
5	BDP-UN	47.0	20.7	227	9.6	31.5
6	BDP-UB	49.7	23.2	296	9.9	34.2
7	BDP-IS	46.9	20.7	244	9.2	31.3
8	BDP-DS	45.5	19.9	246	9.8	35.1
9	BDP-KS-60일	50.2	23.1	284	9.7	34.3
10	BDP-KS-90일	46.9	20.9	231	9.7	34.6
11	아구리에스(일)	47.0	21.6	223	9.2	34.6
12	바이오멀치(일)	48.9	23.2	293	10.2	34.7
13	콘멀치II(일)	43.1	20.8	196	10.1	33.5

※ 4-1 : 종이 부분을 상면으로 배치

※ 15일 이내 조기분해된 4, 4-1, 9, 10번은 파종후 20일후 1회 손제초 실시

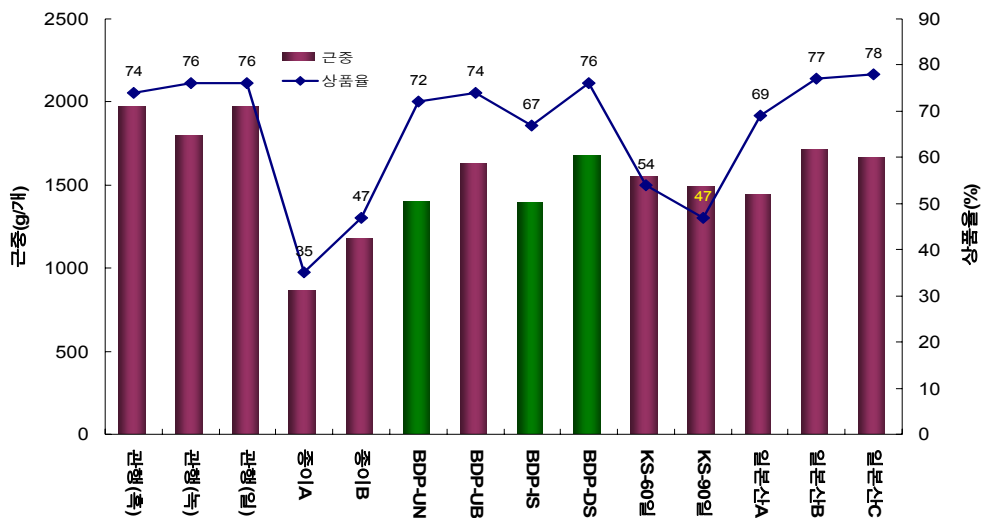


그림 9. 멀칭필름 종류별 여름무 근중 및 상품율

주요 생분해 필름의 수확후 육안으로 관찰된 분해양상은 80% 이상이 이루어진 것으로 보이는데 이는 광과 강우, 온도 조건에 의해 생분해되는 일련의 과정중 하나로 판단되며, 실제 자연분해된 지상부의 중량감소율은 표 12와 같다. 일본제품 아그리에스의 경우 68%가 감소되었고 국내제품중 IS와 DS가 각각 36, 45%가 감소되어 양호하였는데 수확작업시 남아있는 필름은 쉽게 균열이 되도록 물성이 변화한 것을 확인할 수 있었다. 때문에 트랙터로 로터리 작업을 하더라도 감기거나 하는 문제는 없이 쉽게 파쇄되어 토양에 매립될 수 있으므로 농가들이 생각하는 농작업의 문제점은 없을 것으로 기대된다.

표 12. 지상부 자연분해 중량감소율

구분	BDP-UN	-UB	-IS	-DS	일본A	일본B	일본C
분해율	12%	16	36	45	68	20	12

(시험 2) 포장검정 작물재배 시험

해발 750m가 넘는 고랭지인 홍천 내면 자운리 지역에서 수행된 여름무 재배포장에서의 실증시험 결과, BDP-CR 제품은 피복후 5일 이내 너무 일찍 분해되어 문제가 있었는데 다른 생분해 제품이 유기 합성수지인 것과 달리 탄산칼슘 등 무기성 소재가 배합된 제품으로 고랭지 발토양에 적용하는데 문제가 있는 것으로 확인되었다. 특히 여름무는 6월하순 이후 파종되므로 강렬한 햇빛이 지속되는 시기이므로 광분해가 너무 쉽게 일어났을 것으로 판단된다. BDP-IS와 DS제품은 파종후 약 30~40일후부터 두둑 측면에서 분해가 시작되어 초기에는 분해가 늦지만 수확기인 9월상순경 70~80%의 분해양상을 보여 매우 이상적인 분해 패턴을 나타내어 유망하였다(표 14).

표 13. 고랭지 여름무 재배시 생분해비닐의 작기중 생분해도 변화

No	시험제품	분해 개시기 (파종후, 일)	분해도(육안, %)		중량감소분 (수확기, %)
			생육중기(8.10)	수확기(9.10)	
1	관행(흑색)	-	-	-	1.5
2	BDP-UN	25일	30	80	36
3	BDP-IS	40일	10 미만	80	58
4	BDP-DS	30일	10 미만	70	55
5	BDP-KS(황색)	20일	40	90	42
6	BDP-CR	5일	60	90	46

수확기 여름무의 생육과 수량성을 살펴본 결과는 표 14와 같다. 조기분해된 CR과 KS 등 2종은 잡초발생으로 인해 무 수량이 현저히 낮았지만, 기타 생분해성 필름의 경우 관행필름 처리구 대비 88~95%의 수량성을 보여 충분히 적용 가능성이 있을 것으로 사료된다.

표 14. 생분해성 멀칭필름 처리시 여름무 생육 및 수량

시험제품	엽장 (cm)	엽수 (매)	엽중 (g/주)	근경 (cm)	근장 (cm)	근중 (g/주)	상품율 (%)	수량 (kg/10a)	지수
관행(흑색)	42.5	22.1	289	9.1	33.5	1354	78.5	6,455	100
BDP-UN	40.6	20.7	267	8.6	31.5	1206	72.2	5,702	88
BDP-IS	41.5	21.7	274	8.6	32.2	1289	74.3	6,090	95
BDP-DS	40.0	20.9	266	8.7	35.1	1267	73.3	5,820	90
BDP-KS(황색)	37.5	19.0	215	8.2	34.3	1050	68.9	3,860	60
BDP-CR	34.6	17.8	179	8.0	34.6	950	46.8	2,698	42

평야지인 춘천시 신북읍 산천리에서 수행된 고추 재배포장에서의 실증시험 결과, 고랭지 여름무와 마찬가지로 BDP-CR과 UN, KS 등 3종은 피복후 15~30일 이내에 조기분해되어 부득이 생육초기에 1회 손제초를 하였다. 물론 고추의 경우 5월중순경 피복작업을 하였으므로 6월하순 피복작업을 한 고랭지 보다는 조기분해가 상대적으로 늦게 시작되지만, 작물별 분해도를 조절해야 하는 측면에서 생분해 필름 제조업체에서는 광, 온도, 수분환경 및 작물별 생육기간에 대한 면밀한 사전검토와 정보를 이해하고 제품개발이 이루어져야 할 필요성이 있다. BDP-IS와 DS제품은 정식후 약 50일후부터 분해가 시작되어 여름무와 마찬가지로 초기에는 분해가 늦지만 약 120일후부터 집중 분해가 시작되어 10월중순 최종 수확기에 80% 수준의 분해양상을 나타내었다(표 15).

표 15. 평야지 노지고추 재배시 생분해비닐의 작기중 생분해도 변화

No	시험제품	분해 개시기 (정식후, 일)	시기별 분해도(육안, %)			
			60일후 (7월중)	90일후 (8월중)	120일후 (9월중)	150일후 (10월중)
1	관행(흑색)	-	-	-	-	-
2	BDP-UN	25일	40	50	90	95
3	BDP-IS	50일	5 미만	20	70	80
4	BDP-DS	50일	5 미만	20	60	80
5	BDP-KS(황색)	30일	20	40	85	90
6	BDP-CR	15일	40	60	80	80

시기별로 수확된 홍고추 수량은 BDP-IS와 DS 제품이 손제초 없이도 관행필름 대비 93~99%의 대등한 수량을 보여 적용가능성이 기대된다(표 16).

표 16. 생분해성 멀칭필름 처리시 고추 수량

시험제품	시기별 생고추 수량(g/9.6m ²)					과수 (개/9.6m ²)	이병과 (%)	수량 (kg/10a)	지수
	8.13	8.27	9.27	10.17	합계				
관행(흑색)	7,910	10,090	5,289	3,694	26,983	1,750	4.8	2,811	100
BDP-UN	6,000	8,830	4,790	3,366	22,986	1,530	4.8	2,394	85
BDP-IS	8,067	10,060	4,849	3,767	26,743	1,747	4.6	2,786	99
BDP-DS	7,210	9,555	5,381	2,903	25,049	1,666	4.7	2,609	93
BDP-KS(황색)	6,393	9,960	5,116	3,063	24,532	1,581	5.0	2,556	91
BDP-CR	6,145	8,760	3,916	3,500	22,321	1,523	4.8	2,325	83

※ 조기분해된 3종은 생육초기 1회 손제초 실시

현재 국내에서는 발작물용 생분해필름중 2종이 생산 유통중인 것으로 확인되었는데 관행 필름과 비교한 두제품의 경제성은 표 17과 같다. 생분해 필름의 특성상 장기 보관이 어려워 현재는 수요자 주문생산 체계로 소량이 유통 보급되고 있다. 아직은 생분해성 원료가격이 관행필름의 2.2~3.5배 수준으로 경제성이 낮지만 폐비닐의 회수 노동력을 고려하면 1.6배 수준으로 금후 활용 가능성이 높아질 것으로 기대된다. 더욱이 환경오염 부담 저감 등 공익적 기능을 반영하고, 대량생산시 제조단가 인하 가능성을 고려할 경우 보다 보급이 확대되리라 본다. 일본에서도 초기보급을 위해 정부지원이 있었던 만큼 국내에서도 친환경농업 육성 측면에서 정부의 관심이 필요하다고 판단된다.

표 17. 생분해필름의 경제성 분석

구분	관행필름	BDP-IS	BDP-CR
특성	난분해성 고분자 대량생산 장기보존 가능	생분해수지+전분 균일한 분해양상 유통기간 1년	탄산석회 등 무기질성분 조기분해로 부분제초 1회 유통기한 3년
제품가격(1)	37천원/롤 55천원/10a	130천원/롤 195천원/10a	80천원/롤 120천원/10a
관행대비 가격비	-	3.5배	2.2배
폐비닐 수거비(2)	69천원/10a	-	-
손제초 노력비(3)	-	-	80천원/10a
경영비(1+2+3)	124천원/10a	195천원/10a (1.6배)	200천원/10a (1.6배)

※ 상기 경영비 분석은 작물수량이 대등할 경우로 가정함

(시험 3) 토양매립 분해도 측정 시험

토양중에 로타리 친후 매립될 경우 미생물에 의한 생분해를 확인하고자 매립후 총 8회에 걸쳐 경시적 변화를 확인한 결과, 국내 제품중 9번(BDP-DS)이 매립후 11개월이 경과하여 60%까지 분해되어 양호한 결과를 보였고, 일본제품중 11번(쇼와케미칼 아크리에스)이 38%

가 분해되어 양호하였다(표 18). 분해율이 높은 제품은 대부분 전분이 함유된 것들이나 11번의 경우 전분이 없이 대표적인 생분해 수지인 Bionolle로 제조된 것이었다.

표 18. 토양매립 시험 분해도 경시변화 (단위 : %)

채취시기	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15일후	0.0	0.0	0.0	72.5	0.9	1.0	13.8	4.3	11.2	14.6	0.0	0.2	2.4
30일후	0.0	0.0	0.0	100	1.7	2.7	14.0	8.8	11.9	15.5	4.6	1.3	3.6
45일후	0.0	0.0	0.7	-	2.7	3.1	14.6	9.9	14.8	16.1	5.5	1.3	3.9
60일후	0.0	0.0	1.2	-	3.2	4.4	15.8	11.0	16.0	17.5	5.5	3.6	4.0
90일후	0.0	0.0	1.4	-	3.9	4.6	17.2	11.3	16.8	17.7	10.2	6.5	5.0
120일후	0.0	0.2	1.8	-	7.6	4.7	18.3	12.2	27.2	18.2	10.6	8.6	7.5
9개월후('12.4.30)	0.1	0.2	1.8	-	12.2	6.3	20.3	15.2	34.5	21.2	26.5	10.7	11.3
11개월후('12.6.15)	0.1	0.9	2.5	-	14.3	8.3	25.1	21.7	59.7	23.9	37.8	18.4	13.7
전분함유							○	○	○	○			○

* 1(흑색), 2(녹색), 3(일본관행), 4(중이멸칭), 5~10(국산생분해), 11~13(일본생분해)

4. 적 요

<제1세부과제 : 고랭지 밭 토양유실 방지를 위한 PAM 소재 적용성 평가>

(시험 1) PAM 소재 수집 및 특성평가

- 가. PAM 소재 고분자물질 11종을 수집하여 유기탄소, 질소, 가격 등 비교 검토하였음
- 나. 농경지에 PAM을 액상으로 조제살포시 적정 한계농도는 0.1% 였음

(시험 2) 감자 재배지 PAM 시용방법별 토사유실 저감효과 검증

- 가. PAM 살포량과 비례하여 토사유실량이 감소하는 경향이었음
- 나. 천연 biopolymer는 Soilfix와 달리 뚜렷한 효과가 없었음
- 다. PAM 0.2~0.5kg/10a처리시 감자 수량성이 증가되었으나 1kg/10a처리구에서는 감수됨

(시험 3) 여름무 재배지 PAM 시용방법별 토사유실 저감효과 검증

- 가. 년차별 PAM처리에 의한 토사유실 저감율은 액상관주 1년차 2kg/10a처리시 62%, 2년차 1kg/10a처리시 39%였으며, 석회혼용 분말시용 1년차 8kg/10a처리시 70%, 2년차 4kg/10a처리시 60% 수준임
- 나. PAM 16kg/10a 토양혼화처리시 여름무 입모울 저하와 생육지연, 수량감소가 나타남
- 다. 1년차 16kg/10a처리후 동일포장내 2년차 8kg/10a 연용처리시에도 작물생육은 정상임
- 라. 액상관주 방법보다 간편한 석회혼용 토양혼화 처리가 보다 편리하고 효과가 양호하여 정부지원 석회질비료 제조공급시 20kg 고토석회 제품에 약 200~400g의 PAM을 배합하여 농가에 보급할 것을 정책제안 하였음

<제2세부과제 : 생분해성 멀칭비닐의 실용성 검증>

(시험 1) 제품수집 및 특성평가

- 가. 관행제품 포함 국내외 생분해성 멀칭필름 13종을 수집하여 비교검정하였음
- 나. 국내산과 일본 생분해 제품간 물성 및 분해 성능은 충분히 대등하였음

(시험 2) 포장검정 작물재배 시험

- 가. 장기식물 고추와 단기식물 여름무에 대해 생분해성 비닐의 실증시험을 수행하였음
- 나. 포장재배 결과 지상부 중량감소는 21~78%였으며, 육안달관으로 80% 이상 분해됨

(시험 3) 토양매립 분해도 측정 시험

- 가. 전분이 함유된 생분해성 필름의 분해도는 양호한 경향이었음
- 나. 토양매립후 1년 경과시 최대 59.7%까지 분해되어 지상부 분해까지 고려하면 완전히 분해 되는데 문제가 없음을 확인하였음.

5. 인용문헌

- 강원도. 2012. 강원도 폐비닐 수거 사업계획.
- 국무조정실. 2007. 정부합동 소양강댐 탁수저감대책(안)
- 권기수 외. 2000. PAM을 이용한 고랭지 경사 농경지의 토양유실 방지효과. 강원대 농업 과학연구소 논문집 11 : 91-99.
- 농촌진흥청. 2004. 친환경 유기농업 영농활용 매뉴얼. p75~78, p88~95.
- 농촌진흥청. 2011. 자연분해비닐 피복에 의한 친환경잡초 방제기술. 영농활용자료.
- 농촌진흥청. 2012. 벼 부산물을 이용한 생분해성 바이오필름 보급. 영농활용자료.
- 이광희 외. 1998. 생분해성 멀칭필름 개발에 관한 연구 보고서. 농촌진흥청.
- (주)비엠펜. 2008. 생분해성 플라스틱의 기술 개발동향과 시장분석.
- (주)대상 전분당연구소. 2004. 일본의 생분해성 농업용 멀칭필름 보급현황과 전망 자료.
- 최용범. 2010. 고랭지 밭 토양유실 방지를 위한 PAM(Polyacrylamide) 및 바이오폴리머의 효율성 비교평가. 강원대학교 석사학위논문.
- 최용범 외. 2010. 고랭지 밭 토양유실 방지를 위한 폴리머 소재의 현장적용성 평가 : 작물 재배실험. 대한환경공학회지 pp1024-1029.
- 최용범 외. 2012. 폴리머기반 토양개량제 처리에 따른 유거수, 토양유실량 및 무 생육특성 평가. 24(3) : 50-57.
- 한국환경공단. 2011. 2010년 영농폐기물 조사 통계자료.
- 환경부. 2011. 광역도별 폐비닐 공동집하장 현황.
- 환경부. 2012. 폐비닐 수거비 지원사업 기본계획.
- KISTEP. 2012. 바이오 플라스틱 - 10대 미래 유망기술 선정.
- KISTI. 2006. 생분해성 수지의 실용화 어디까지 왔나?. 분석정보 과학기술동향 제95호.
- Barvenik, F. W. 1994. Polyacrylamide characteristics related to soil application. Soil Sci. 25 : 125-243.
- Kay-Shoemake, J. L., et al. 1998. Polyacrylamide as an organic nitrogen source for soil

microorganisms with potential impact on inorganic soil nitrogen in agricultural soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 30 : 1045-1052.

Orts, W. J., et al. 2007. Use of synthetic polymers and biopolymers for soil stabilization in agricultural, construction and military applications. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 19(1) : 58-66.

Parab, T. 2004. "Evolving sustainable production systems in sloping upland areas : land classification issues and options" Asian Productivity Organization. Tokyo. Japan

Yoon, J. H., et al. 2003. Soil erosion of tillage and the plan for reducing of turbid-water occurrence, *Proceedings of the 2003 fall Conference of Korean Society on Water Quality and Korean Society of Water and Wastewater*. pp55-58.

Yu, J., et al. 2003. Infiltration and erosion in soils treated with dry PAM and gypsum, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67 : 630-636.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2010(1년)	논 문	고랭지 밭 토양유실 방지를 위한 폴리머소재의 현장적용성 평가(비SCI)
2011(2년)	논 문	Three alternative crops to reduce soil erosion for mountain agriculture(비SCI)
2012(3년)	논 문	폴리머기반 토양개량제 처리에 따른 유거수, 토양유실량 및 무(<i>Raphanus sativus</i>) 생육특성 평가(비SCI)
	영농활용	고랭지 경사전 PAM 처리방법별 토사유실 저감효과(중앙,자체)
	영농활용	생분해성 멀칭필름의 발작물 적용성 평가 참고자료(자체)
	시책건의	토사유실 저감을 위한 PAM 함유 석회질비료 제조공급 건의(중앙,자체)

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'10	'11	'12
과제책임자	환경농업연구과	농업연구사	김세원	과제 총괄	○	○	○
1세부책임자	환경농업연구과	농업연구사	김세원	주관수행	○	○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	서영호	공동수행	○	○	○
"	"	"	최승출	"	○	○	○
"	"	"	윤병성	"	-	-	○
"	"	공무직	최용범	"	○	○	○
"	"	농업연구관	안문섭	결과분석지원	○	○	-
"	"	"	강안석	"	○	○	-
"	"	"	김인중	"	-	-	○
"	"	"	김경희	"	-	-	○
2세부책임자	환경농업연구과	농업연구사	김세원	주관수행	-	○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	최승출	공동수행	-	○	○
"	"	"	서영호	"	-	○	○
"	"	"	윤병성	"	-	-	○
"	"	공무직	최용범	"	-	○	○
"	"	농업연구관	안문섭	결과분석지원	-	○	-
"	"	"	강안석	"	-	○	-
"	"	"	김인중	"	-	-	○
"	"	"	김경희	"	-	-	○