

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
증장기 Code		RIMS Code		2007B00110000024	
연구과제 및 세부과제		연구분야(Code)	수행기간	연구실	책임자
고랭지농업 안정생산 기술개발		토양ES 0101	'05~'09	환경농업연구과	김세원
고랭지 경사전 토양유실 저감기술 개발		토양ES 0101	'06~'09	환경농업연구과	김세원
1) 녹비작물 휴간 초생재배를 통한 토사유실 저감기술 개발		"	'06~'09	"	김세원
색인용어	호맥, 초생재배, 간작, 경사전, 토사유실, 라이시미터, 유거수				

ABSTRACT

This study was conducted to test the effect of inter-cropping of green manure on soil loss in mountainous highland area. The inter-cropping of rye and hairy vetch could reduce soil loss by 95~99% in rain season in July although it also resulted in decreased yield of hot pepper, Chinese cabbage, and radish by 23~36%, approximately 20%, and 15~41%, respectively, possibly due to competitive absorption of nutrients and water, partly interception of solar irradiation, and reduced aeration. Soil loss reduction effect of inter-cropping of rye in furrow depended on interval of rye cropping zone; 93% for continuous cropping, 82% for 3m interval, 62% for 5m interval, and 57% for 5~6m interval. Since the soil loss effect was greatly influenced by climate condition, rye needs to be sowed before middle of June, at least 30days before heavy rainy season. For potato cultivation, soil loss decreased by 73~44% for mulching and 89~72% for non-mulching through inter-cropping of rye on furrow in the interval of 3~6m. The soil loss reduction by inter-cropping was verified in two farms located in radish growing region in summer and potato seed production area.

1. 연구목표

강원도내 농경지 전체면적 36,949ha의 67%가 경사도 15%이상의 D-slope로 토양유실에 매우 취약한 지형구조를 가지고 있어 흙탕물로 인한 비점오염원 문제가 자주 대두되고 있다. 특히 2006년 영서내륙지역에서의 집중호우로 소양강댐과 북한강 수계에서 흙탕물 유입에 의한 댐 방류수 탁도가 2005년 3.1NTU에서 2006년 55.8NTU로 나타날 정도로 9개월이상 수질악화가 지속되어 그 심각성이 수도권을 비롯한 전국의 사회적 문제로까지 인식이 확대된 바 있다.

소양강댐 상류 농경지 유역인 홍천 내면과 양구해안 지역은 고랭지채소 주산단지로서 과다한 객토, 급경사지 재배 등으로 인한 토사유실이 다발하여 대책마련이 시급한 실정이다. 이는 단경기재배 작목인 무, 배추, 감자가 60%이상으로 연작재배에 따른 문제 발생과 불법개간, 상하경 재배, 녹비재배 기피 등으로 표토 및 오염물질 유실이 보다 심화되고 있다.

고랭지 토사유실은 하절기 집중강우 및 지표 피복 경제 작물의 부재로 기인하며 토사유실

에 의한 작물의 생산성 저하, 작물의 생산성 저하, 하천과 농경지의 매몰 및 토양양분과 제초제에 의한 수질오염 등 환경문제의 악순환이 계속되고 있다.

고랭지지역의 토사유실을 방지하기 위하여 시멘트낙차공, 자갈대, 승수로 등의 구조물에 의한 토양보전처리를 하고 있으나 시설비가 많이 들고, 실제 재배농가에서 적용하기 어려운 실정으로 최근 재배농가에서 접근성이 용이한 초생대 설치, 경운방법, 농자재 피복, 녹비작물 재배 등의 연구가 활발히 이뤄지고 있다. 이러한 경종적 방법은 농가에서 자발적인 실천 의지와 공감대 형성이 매우 중요하다. 따라서 2007년도부터 고랭지 경사전 토사유실 저감연구 종합시험포를 흥천 내면 자운리에 조성하여 분야별로 프로젝트 체계를 갖추고 3개년간 연구를 추진하였고 토양보전 농법개발의 일환으로 작물 수량감소 최소화를 도모한 농가실천형 토양보전농법 확대를 위하여 녹비작물을 작물 생육기간 중 휴간 간작함으로써 고랭지 경사전의 토양유실을 저감할 수 있는 경종방법을 개발하고자 본 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구과제는 흥천 내면 자운리 지역에서 2006년 예비시험을 거쳐 2007년 현지 농가포장에 간이라이시미터를 설치하고 2009년까지 4년간 수행되었다.

2006년에는 경사도 10~15%의 농가포장을 임차하여 고추, 배추, 무 등 3개 작물에 대해 고랑 전면에 헤어리베치, 호맥, 그루밀 등 녹비용 종자를 피복 처리하고자 파종하였다. 작물별 재배법은 표 1과 같다.

표 1. 녹비초종 휴간 간작을 위한 시험작물별 재배법(2007)

구 분	고 추	배 추	무
공시품종	마니따	CR안심	태청무
정식(파종)기(월.일)	5. 24	5. 24	6. 1
수확기	8.10~9.30	7. 20	8. 5
재식거리(cm)	70×45	70×35	70×25
시비량	토양분석에 의한 작물별 검정시비량		

※ 휴간 녹비종자 파종기 : 6. 1

재배작물과 녹비작물의 상대생육과 작물의 수량, 토양화학적, 토사유실정도를 조사하였으며, 휴간 전면을 파종할 경우 작물생육에 지장이 많아 뿌리활착과 생육이 양호한 호맥을 일정간격으로 파종하는 방법으로 개선하여 이듬해부터 처리하게 되었다.(그림 1)



그림 1. 휴간 피복작물 초생재배를 위한 포장조성 및 휴간 종자파종

2007년에는 경사도 15~20%수준의 경사도 18m, 폭 3m의 간이라이시미터 설치를 완료하고 여름무를 시험작물로 하여 휴간에 호맥을 전면, 3m와 5m간격으로 2반복구를 두고 파종하였다. 여름무는 70×25cm간격으로 6월 5일 파종하였으며 비닐멀칭재배를 하였다. 휴간에 일정 간격 파종된 호맥종자는 50cm폭에 약 50g씩 살포하였고 종자가 보이지 않을 정도로만 복토를 하였다. 이와 더불어 휴간 초생재배를 위한 적품종 선발을 위해 호맥, 단간종밀, 크로바, 들묵새 등 6종을 휴간에 파종하여 생육양상을 관찰하였다.

2008년에는 여름무 외에 감자에 대해서도 시험을 확대하여 수행하였는데 여름무는 비닐멀칭한 상태에서 태청무를 품종으로 6월 24일 파종하였고, 휴간 호맥은 3, 6, 9m간격으로 간격수준을 확대하여 전년과 동일하게 6월 25일 파종하였다. 감자는 일반재배를 고려한 비닐멀칭구와 보급종서 채종단지를 고려한 무피복구로 나누어 수미 품종을 5월 2일 70×30cm 재식밀도로 파종하였고 호맥은 3, 6m간격으로 휴간에 파종하였다.

2009년에는 동일한 라이시미터 조건에서 기상조건에 따른 변이를 살펴보고자 여름무에 대해 호맥파종 6m간격 조건으로 3년차 반복시험을 추진하였으며, 제초제로 인한 약해위험과 호맥 조기생육을 위한 육묘매트 처리를 추가하였다. 벼 육묘상자에 피트모스 20리터와 호맥 500g의 비율로 혼합하여 트레이육묘시킨 후 매트형성이 되도록 하였다.

실제 적용가능성을 확인하고자 양구 해안면 만대리에 소재한 감자채종지와 홍천 내면 자운리에 위치한 여름무재배지 등 농가포장 2개소를 선정하여 실증시험을 수행하였다.(표 2)

표 2. 현지 농가실증포장 조건 및 파종기

대상지역	공시작물	시험포장 조건	파종기(월.일)		비고
			재배작물	호맥	
양구 해안	감자채종포(수미)	경사도 10%, 경사장 85m	4.15	4.30	성토이력(08년)
홍천 내면	여름무(관동무)	경사도 10%, 경사장 40m	6.24	6.25	성토이력 없음

작물과 휴간 호맥을 처리한 후 토사유실량, 유거수량을 분석하였고, 여름무의 생육과 수량을 비교하고 수확량과 투입비용을 고려한 경제성분석을 검토하였다. 토사유실량은 2006년에는 고랑마구리에 50리터 크기의 상자를 매설하여 토사량을 달관조사하였으며, 2007년부터는 라이시미터에 하단에 30L의 유거수 버킷을 3단계로 설치하고 유실토양이 포함된 유거수를 교반기로 진탕시켜 버킷별로 300ml 용기에 3반복 채취하여 실험실에서 여과 후 유실량과 유거수량을 조사하였으며(그림 2), 농가 실증포장에서는 테스트미터를 이용하여 휴간 5M구간에 대해 10cm간격으로 3반복으로 측정하여 유실토심을 간이방법으로 분석하였다.



라이시미터 유실토양 채수



토사 및 유거수 채취용 버킷



토사유실량 비교

그림 2. 라이시미터에서 토사 및 유거수의 채취방법과 유실량 조사

시험기간중 매년 토사유실 측정 강우기간은 일정 강우패턴에 따라 표 3과 같이 년 4회씩 나누어 측정되었다.

표 3. 년차별 토사유실 측정 강우기간(년 4회)

년차별	조사회차	강우기간	채수일자	강우량 (mm)	일평균강우량 (mm/day)	최대강우심도 (mm/hr)
2007년	1회	7.10 ~ 7.19	7. 20	102	17.0	7.5
	2회	7.24 ~ 8. 1	8. 2	91	22.7	24.5
	3회	8. 3 ~ 8. 8	8. 9	151	30.1	19.3
	4회	8. 9 ~ 8.10	8. 11	165	82.6	29.6
2008년	1회	7.13 ~ 7.21	7. 21	113.4	12.6	11.0
	2회	7.22 ~ 7.26	7. 26	195.2	39.0	15.1
	3회	7.30 ~ 8. 3	8. 3	63.1	12.6	7.2
	4회	8. 9 ~ 8.23	8. 23	169.5	11.3	25.5
2009년	1회	7. 1 ~ 7. 9	7. 10	238	25.2	41.5
	2회	7.11 ~ 7.15	7. 16	353	70.6	39.0
	3회	7.17 ~ 7.26	7. 27	154	15.4	23.5
	4회	8. 7 ~ 8.12	8. 13	177	29.5	13.5

홍천 내면 자운리에 설치된 간이라이시미터의 시험전 토양화학성과 토성은 표 4와 같다.

표 4. 시험전 토양화학성과 토성

pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	P ₂ O ₅ (ppm)	(cmol ⁽⁺⁾ /kg)			NO ₃ -N (mg/kg)	석회소요량 (kg/10a)	토성
				Ca	K	Mg			
5.5	0.13	30.9	439	2.8	0.8	0.3	2.00	398	식양토 (점토 16.3%)

3. 결과 및 고찰

가. 고랭지채소 재배지 휴간 녹비작물 초생재배를 위한 초종선발

2006년에는 라이시미터 시설을 갖추지 못한 여건에서 작물재배 시 휴간에 녹비를 초생재배 할 경우의 효과를 간단히 검증해 보고자 시험을 수행한 바, 휴간피복을 위해 다양한 녹비종자를 파종하였을 경우 재배작물과 휴간피복작물간의 시기별 생육경합 양상과 재배작물의 생육 및 수량성을 조사하였다.

고추의 경우 상대적으로 수고가 높고 정식을 하는 작물이어서 경합양상이 적게 나타났는데 호맥의 경우 생육이 가장 왕성하여 파종 후 30일 이후 휴간 전면을 완전히 피복할 수 있었다.(그림 3)



그림 3. 고추재배시 휴간 피복작물과의 시기별 생육경합 양상

휴간에 호맥 처리할 경우 고추 숙기가 지연되는 경향이었으며, 주당 착과수가 가장 낮았고 수량성도 역시 가장 낮게 나타났는데 이는 그루밀의 경우 하고현상이 약간 빨리 나타나지만 호맥의 경우는 녹체성이 계속 지속되어 양분 경합이 심하기 때문인 것으로 보인다(표 5) 덩쿨성인 헤어리베치를 처리시에는 고추 줄기를 휘감고 올라가서 생육 지장을 초래하였고, 특히 수광을 경합이 심하게 나타나서 고추의 간장이 가장 낮게 나타났다.

고추에서의 휴간 초생재배 결과 전체 수량성은 무처리 대비하여 초종 처리별로 64~77%

수준으로 유거수의 이동통로인 고랑을 피복할 경우 일정부분 수량감소는 불가피할 것으로 나타났다.

표 5. 고추 휴간초생재배시 생육 및 수량

초생재배처리	홍숙기	간장 (cm)	주당 착과수	불량과율	건고추수량 (kg/10a)	수량 지수
무처리	7.28	105	11.5	2.3	117	100
호맥	8.4	101	7.9	2.6	74	64
헤어리벳치	7.30	97	9.2	2.2	84	72
그루밀	7.30	103	9.7	2.7	90	77

※ 수확 : 8/11, 9/6, 9/20 3회 조사

배추의 경우 작물생육에 의한 피복자체가 매우 빨라 휴간 피복작물이 번무하기 이전에 포장 전면이 정식 후 1개월이면 배추 잎으로 완전 피복되어 상대적인 휴간초생재배 효과를 확인하기에는 무리가 있었다.(그림 4)



그림 4. 배추재배시 휴간 피복작물과의 시기별 생육경합 양상

수광율에 의해 많은 영향을 받는 헤어리벳치는 비록 고추처럼 넝쿨성으로 인한 장애는 없었으나 초생재배 효과가 낮아 타잡초와의 경합에도 열악하여 처리구에서 잡초가 많이 발생하였으며, 호맥과 그루밀 등 화분과 초종은 생육이 왕성하여 쉽게 휴간 피복이 이루어 졌으나 통기성이 불량하여 무름병 발생수가 높게 나타났다. 배추에서의 전체 수량성은 무처리 대비하여 휴간 초생재배시 78% 수준이었다.(표 6)

표 6. 배추 휴간 초생재배시 생육 및 수량

처리	총엽수 (엽)	외엽수 (엽)	무름병해 (%)	주중 (g)	결구중 (g)	수량 (kg/10a)	수량 지수
무처리	66.4	12.8	2.5	2260	1733	5803	100
호맥	66.5	14.4	8.8	2184	1351	4524	78
헤어리벳치	67.3	16.1	5.0	2299	1372	4595	79
그루밀	66.9	13.9	6.3	2144	1346	4507	78

여름무의 경우 종자를 파종해야 하기 때문에 생육속도가 빠른 호맥과의 경합에서 문제점을 확인할 수 있었다. 따라서 여름무 파종후 호맥 파종기를 늦추는 것이 좋다고 판단된다. 헤어리벳치는 배추와 비슷한 양상이며 그루밀은 가장 피복효과가 양호하였다.(그림 5)



그림 5. 여름무재배시 휴간 피복작물과의 시기별 생육경합 양상

휴간 초생재배로 인한 생육저하와 통기성 불량으로 인한 확연한 무름병 증가를 확인할 수 있었다. 수량면에서는 헤어리벳치 처리구가 무처리 대비 86% 수준으로 가장 높았고 이는 헤어리벳치 생육이 가장 저조하였기 때문에 여름무와의 경합이 적었기 때문으로 보인다. 호맥 처리구 수량성은 무처리 대비하여 52% 수준에 불과하였다.(표 7)

표 7. 여름무 휴간초생재배시 생육 및 수량

처리	엽장 (cm)	엽색도 (spad)	무름병해 (%)	엽중 (g/주)	근경 (cm)	근장 (cm)	수량 (kg/10a)	수량 지수
무처리	45.9	46.4	4.2	432	9.6	22.1	7,616	100
호맥	37.8	44.2	12.5	279	8.8	20.8	3,975	52
헤어리벳치	39.4	41.3	8.3	351	9.9	21.3	6,545	86
그루밀	41.4	41.0	9.2	460	9.6	22.2	5,450	72

반면 재배작물의 영향으로 인한 휴간 피복작물의 생육 및 수량성 양상도 같이 고찰하였는데 휴간 피복작물의 시기별 초장변화와 건물수량은 표 8과 같다.

표 8. 재배작물별 휴간 녹비의 시기별 초장 변화

작물	녹비초종	하고시기 (월일)	파종후 경과일수별 초장(cm)		
			30일	70일	110일
고추	호맥	8. 25	28.1	50.1	61.6
	헤어리벳치	10. 30	21.3	67.3	95.4
	그루밀	8. 10	21.9	42.6	48.0
배추	호맥	8. 20	24.2	30.9	54.9
	헤어리벳치	10. 30	17.6	36.2	63.5
	그루밀	8. 20	18.6	27.8	41.0
무	호맥	8. 25	32.1	51.6	51.1
	헤어리벳치	10. 30	19.3	45.8	116.5
	그루밀	8. 10	22.3	39.9	37.8

세 초종 중 그루밀의 하고시기가 가장 빨랐으며, 헤어리벳치는 늦가을까지 계속 녹체성이 유지되어 작물 수확 후에도 생육이 상당히 지속되었다. 공시된 초종 모두 일정한 경향치를 보이지는 않지만 하고현상이 발생하더라도 계속 건물수량이 증대되어 피복작물뿐만 아니라 녹비작물로서의 효과도 보일 수 있다는 결론을 얻었다(표 9).

표 9. 휴간 피복작물의 시기별 녹비수량 변화

작물	파종후 시기	녹비초종별 수량(g/0.5㎡)					
		호 맥		헤어리벳치		그루밀	
		생체중	건물율	생체중	건물율	생체중	건물율
고추	30일	220	20.5	55	18.2	160	21.9
	70일	700	25.7	190	21.1	700	22.9
	110일	770	33.1	775	23.9	245	59.2
배추	30일	185	18.9	65	23.1	140	21.4
	70일	470	26.6	40	25.0	270	22.2
	110일	570	36.8	235	29.8	205	53.7
무	30일	345	21.7	50	20.0	135	22.2
	70일	1150	22.6	60	25.0	590	30.5
	110일	665	48.1	1855	29.9	430	58.1

본 시험을 통해 녹비종자를 월동전이 아닌 작물 생육기간 중 휴간에 파종하여 토사유실 저감효과를 살펴 본 결과는 표와 같다. 비록 라이시미터 시설을 갖추지 않고 7월 집중강우 시 2회 간이측정 하였으나 유거수 이동통로인 고랑에 피복작물이 식재될 경우 토사유실량은 현저히 감소됨을 확인 할 수 있어 휴간 초생재배의 가능성을 입증하였다.(표 10, 그림 6) 이러한 결과는 고휴재배시 휴간에 벧짚부초를 10a당 200kg 할 경우 토사유실량이 크게 감소

시켰다는 보고('88. 농기연)와 마찬가지로 효과로 보이며 더욱이 실제 생육중인 식물에 의한 피복효과는 보다 양호할 것으로 기대되었다.

표 10. 휴간 초생재배시 토사유실 저감 효과

(토사유실량, kg/10a)

조사일	고추				배추
	호맥	헤어리벳치	그루밀	무처리	무처리
7.20일	<0.1톤 (1%)	0.2 (2)	3.0 (30)	10< (100)	1.8 (18)
7.30일	<0.1톤 (1)	0.5 (5)	1.7 (17)	10< (100)	1.2 (12)

※ 조사구 : 고랑폭 0.7m × 경사장 15m

※ 2006년 홍천 내면 자운리 강우현황(7월) : 968mm

- 7. 15~18(4일간) : 370mm, 최대강우심도 33.3mm/hr

- 7. 27~28(2일간) : 193mm, 최대강우심도 20.8mm/hr



간이측정 용기 설치



고추/무처리구



고추/호맥처리구

그림 6. 농가현지포장 토사유실량 간이측정 양상

2006년 선행 연구결과를 토대로 가능성을 확인한 후 2007년에는 기존에 처리된 녹비초종 외에 클로버, 보리, 들묵새 등의 녹비작물을 추가하여 휴간 생육 특성을 검정하였다.(표 11) 호맥은 초기 활착이 가장 우수하였고 국내산 밀과 보리도 충분히 대응 가능하다고 판단된다. 들묵새의 경우 당년도 채소재배지에서 적용하기에는 초기 발아와 피복이 좀 늦은 편이었다(그림 7).

표 11. 휴간 초생재배를 위한 녹비작물의 휴간생육 특성(2007)

녹비종자	원산지	출아일수 (일)	초장 (cm)	잡초 경합력	토양경도 (MPa)	하고시기 (월.일)
호맥	수입	6	41	매우강	2.5	8월상
헤어리벳치	수입	11	46	중	1.7	9월상
금강밀	국내	8	35	강	2.7	8월하
레드클로바	수입	13	26	중	1.5	9월상
찰보리	국내	8	42	강	2.3	8월하
들묵새	수입	15	14	강	1.8	8월중

* 파종기 : 2007. 6. 12일

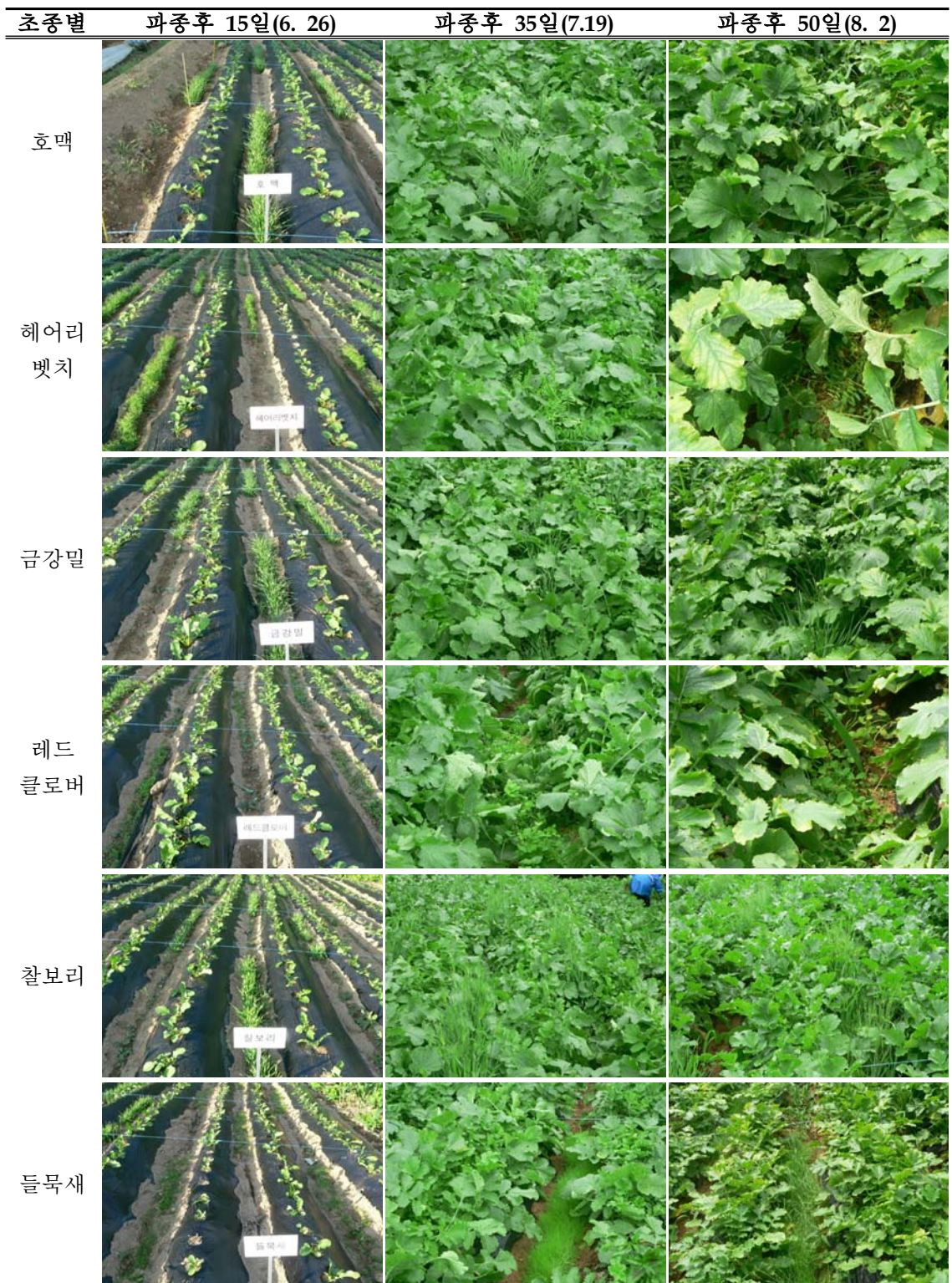
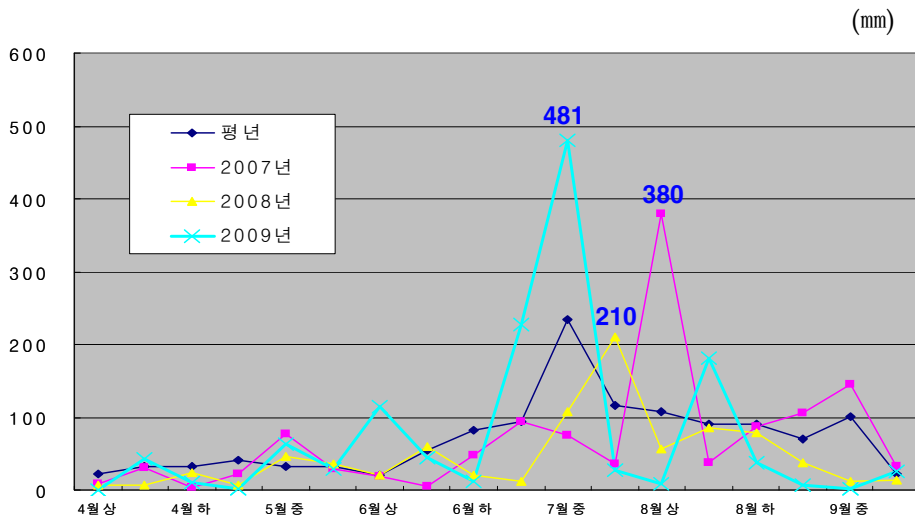


그림 7. 다양한 녹비초종의 휴간 초생재배 비교

나. 고랭지채소 재배지 휴간 녹비작물 초생재배시 토사유실 저감 효과

2007년부터 3개년 간 홍천 내면 자운리 현지에 간이라이시미터 시설을 설치 후 문제점을 보완하여 본격 추진하였다. 휴간 전면에 피복작물을 파종할 경우 재배작물과의 생육경합 문제가 심각하며 또한 고랭지의 경종관행상 포장전면에 잡초발아억제제를 작물 재배전 살포하는 문제로 인해 유기농법을 목표로 할 경우가 아니라면 실제 적용하는데 어려움 있다고 판단되어 일정 간격으로 파종하는 방법을 강구하였고 앞선 녹비초종 선발시험에서 가장 효과가 우수한 것으로 평가된 호맥을 휴간 초생재배용 작물로 선정하여 시험을 수행하였다.

우선 시험수행 3개년 간 순별 강우상황은 그림 8과 같다.



* 7~8월중 강우량 : 평년('03~'08평균) 735mm, ('07) 711, ('08) 556, ('09) 961

- 조사기간별 강우현황

- 2007. 7.10 ~ 8.10일 - 최대강우일 8. 9일(128.5mm), 최대강우심도 29.5mm/hr(8. 9일)
- 2008. 7.13 ~ 8.23일 - 최대강우일 7.24일(172.5mm), 최대강우심도 25.5mm/hr(8.12일)
- 2009. 7. 1 ~ 8.12일 - 최대강우일 7.12일(204.5mm), 최대강우심도 41.5mm/hr(7. 9일)

그림 8. 홍천 내면 자운리 시험포장의 강우현황

년차별 집중강우기 패턴이 다르게 나타났는데 이는 3개년 간 반복 시험을 수행하면서 보다 나은 결과를 도출하는데 중요한 요인이 되었다. 여름무의 경우 저온으로 인한 추대문제로 6월하순경 대부분 파종이 이루어지므로 집중강우기가 도래하는 시기가 토사유실에 직접적인 영향을 미친다. 2009년의 경우 무 파종 후 약 2주후 집중강우가 내려 생육초기에 피해를 입은 농가가 많았다.

1) 여름무 재배시 휴간 호맥 초생재배 효과

호맥 파종량에 따른 차이를 살펴보고자 2007년도에 일정간격으로 처리하였는데 여름무 재배시 휴간 호맥 초생재배 방법은 그림 9와 같다.

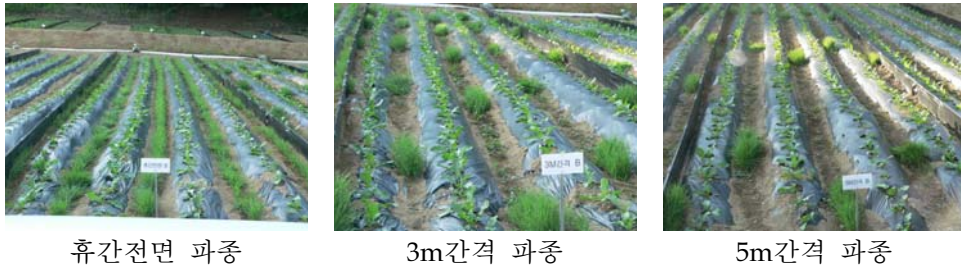


그림 9. 여름무 재배시 휴간 호맥 파종간격을 달리한 처리구

경사도 15% 조건에서 무처리 대비 토사유실 저감율은 휴간 전면 처리구에서 92.6%로 매우 탁월하였고 3m간격 파종시 81.6%, 5m간격 파종시 61.7%로 각각 효과가 나타났으며, 유거수량은 처리구 모두 20%이상 저감효과가 있었다(그림 10). 따라서 휴간 초생재배는 경사장을 경종적으로 절단이 가능한 방법이며 유거수의 과속방지턱 효과를 나타내었다. 따라서 경사도와 경사장 등 농경지 지형조건을 고려하여 적절히 간격을 조절하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

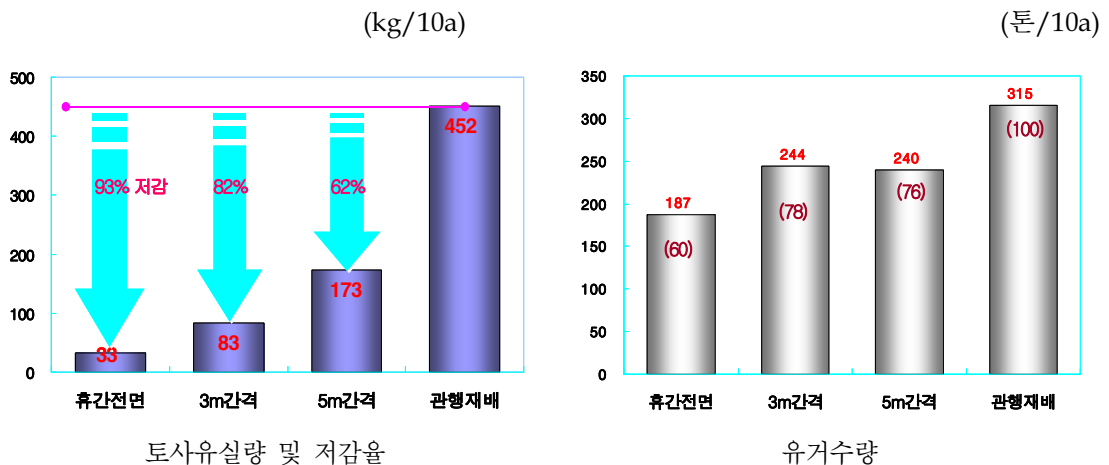


그림 10. 휴간 호맥 초생재배시 토사유실 및 유거수 누계량(2007)

휴간 호맥 파종간격을 달리하였을 경우 여름무의 생육 및 수량은 표와 같다. 휴간전면에 호맥을 파종할 경우 2006년 선행 결과와 마찬가지로 통기성과 양수분 경합으로 인한 상품성 저하, 무름병 증가 등이 주요 원인이 되어 약 20%의 수량감소가 나타났다. 하지만 일정간격으로 파종한 처리구에서는 생육지장과 수량감소 등 영향은 없었다(표 12).

표 12. 휴간 호맥 처리간격별 여름무 생육 및 수량(2007)

처리	지상부				지하부			상품수량 (kg/10a)	수량 지수
	엽장 (cm)	엽수 (매)	엽중 (g/주)	무름병 (%)	근경 (cm)	근장 (cm)	근중 (g/주)		
휴간전면	53.4	20.8	582	5.0	8.7	22.3	982	3,889	81
3m간격	54.2	20.2	609	3.6	9.2	23.7	1,082	4,825	101
5m간격	54.9	20.6	596	4.6	9.1	23.3	1,058	4,611	97
관행재배	58.0	21.1	657	3.6	9.0	23.9	1,061	4,775	100

2007년부터 3개년간 고랭지 여름무 재배시 휴간에 약 5~6m간격으로 호맥을 파종하여 초생재배하였을 경우 토사유실 저감효과 누년성적은 그림 11과 같다. 평균 토사유실량은 56.6%가 저감되었고 유거수량은 12%가 저감되었다.

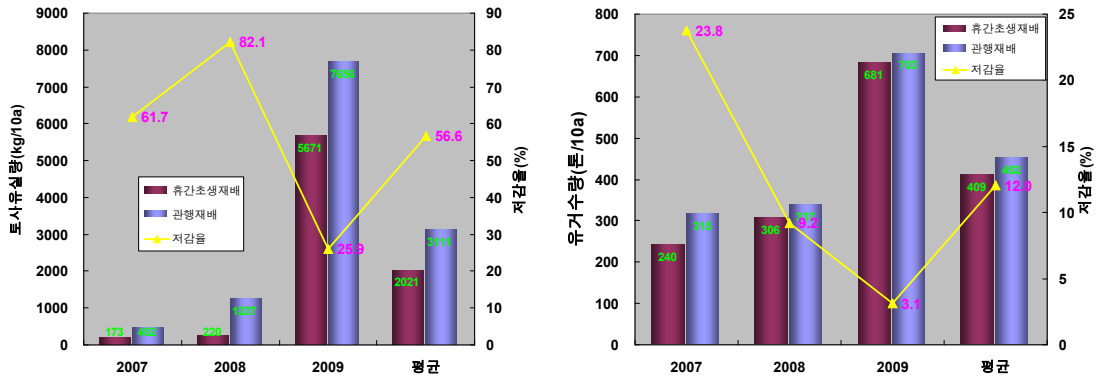


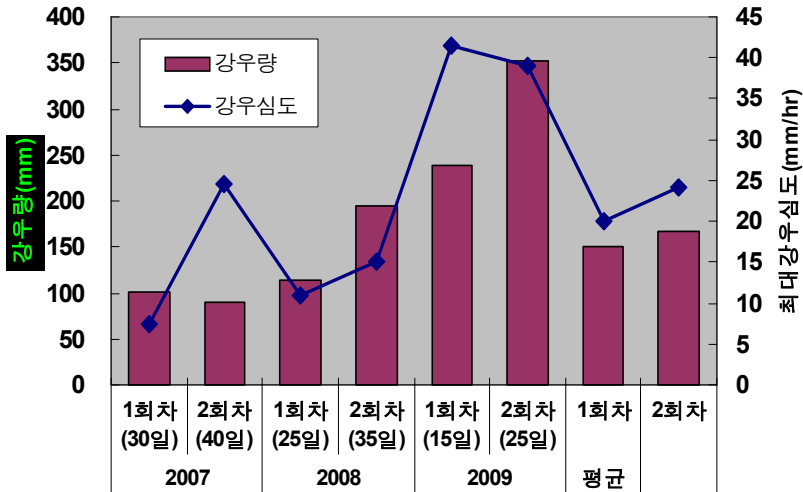
그림 11. 휴간 일정간격(5~6m) 호맥 초생재배시 토사유실 및 유거수량 저감효과('07~'09)

하지만 강우조건에 따라 년차별 효과 차이가 크게 나타났는데 2008년도와 2009년도 호맥 파종 후 약 20일이 경과한 시기에 호맥의 생육이 현격히 차이나는 것을 볼 수 있다.(그림 12) 2008년에는 최대강우일이 7월 24일로 여름무와 호맥이 파종된 지 한달이 경과한 시기였으나, 2009년에는 7월 12일로 여름무와 휴간 파종 후 약 보름이 경과된 상태여서 상대적으로 효과가 낮게 나타났다.



그림 12. 년차별 강우조건에 따른 휴간 호맥 생육양상 비교

고랭지 현지시험포장에서 년 4회 토사유실량 조사 시기 중 여름무 생육초기인 1, 2회차 시기의 3개년간 강우패턴을 분석한 결과(그림 13), 2009년은 휴간 호맥을 파종한 이후 경과 일수가 15일 정도에 불과한 상태에서 강우심도와 강우량이 높아 상대적으로 효과가 미흡하였음을 알 수 있다. 따라서 집중강우기 도래 30일 이전에는 두둑성형, 비닐피복, 휴간 호맥 파종 등 작업이 완료되는 것이 적절하다.



작기중 유실량 조사 4회중 집중강우 초기 1, 2회
() : 휴간 호맥파종후 경과일수

그림 13. 3개년간 작물생육초기 강우패턴

일반적으로 고랭지 여름무 재배농가는 무 파종후 포장전면에 잡초발아억제제인 라쏘 유제를 살포하는데 약제 살포 후 호맥을 파종할 경우 약간의 약해는 보이지만 호맥은 정상생육이 가능하다. 그러나 이러한 위험을 최소화하고 호맥 생육시기를 앞당길 수 있도록 호맥종자를 피트모스와 피트모스 20L + 호맥 500g 베퍼 육묘트레이에 파종하여 그림 14와 같이 육묘매트 상태로 처리를 해 본 결과, 관행재배에 비해 44%의 높은 저감율을 보였다(표 13, 14)



그림 14. 호맥 육묘매트 처리(피트모스 20L + 호맥종자 500g)

표 13. 휴간 초생재배 처리방법별 토사유실량

(kg/10a)

구 분	비닐멀칭재배			여름무 무피복
	호맥휴간파종	호맥육묘매트	관행재배	
1회 (7.10) (저감율)	2695 (25.1)	1357 (62.3)	3600	5635
2회 (7.16)	1991 (22.8)	1704 (34.0)	2580	4518
3회 (7.27)	548 (41.2)	724 (22.3)	932	1873
4회 (8.13)	437 (19.5)	467 (14.0)	543	2080
누 계 (저감율)	5671 (25.9)	4252 (44.5)	7656	14106

표 14. 휴간 초생재배 처리방법별 유거수량

(kg/10a)

구 분	비닐멀칭재배			여름무 무피복
	호맥휴간파종	호맥육묘매트	관행재배	
4회 누계	681	681	703	729

3개년간 누년결과로서 휴간 호맥 초생재배시(5~6m 간격) 여름무의 생육과 수량에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타나 농가에서 생산량과 재배면적 감소 없이 자발적으로 실천 가능한 토양보전 농법으로 판단된다.(표 15)

표 15. 휴간 호맥 초생재배시 여름무 생육 및 수량 누년성적('07~'09)

년도	처 리	엽장 (cm)	엽수 (매)	엽중 (g/주)	무름병 (%)	근장 (cm)	근중 (g/주)	상품수량 (kg/10a)	수량 지수
2007	휴간초생재배	54.9	20.6	596	4.6	23.3	1058	4611a	97
	관행재배	58.0	21.1	657	3.6	23.9	1061	4775a	100
2008	휴간초생재배	50.0	29.8	468	3.6	30.8	1723	7306a	103
	관행재배	48.8	28.7	433	3.6	30.2	1757	7098a	100
2009	휴간초생재배	44.8	29.0	316	5.7	29.2	1656	6558a	93
	관행재배	42.4	26.8	267	3.6	31.4	1732	7067a	100
평균	휴간초생재배	49.9	26.5	460	4.6	27.8	1479	6158	98
	관행재배	49.7	25.5	452	3.6	28.5	1517	6313	100

2) 감자 재배시 휴간 호맥 초생재배 효과

대표적인 고랭지작목인 감자는 여름무와 달리 4월하순에 조기 파종하여 7월하순이면 지상부가 고사된다. 때문에 집중강우기에 지표면이 노출되어 토사유실에 취약한 작물인데 특히 홍천 내면, 양구 해안, 평창 황계 등 고랭지역은 감자 채종단지가 많아 비닐멀칭을 할 수 없으며 과다한 성토작업이 성행되고 있어 경종법 개선이 시급하다.

감자 무피복 재배시 휴간 호맥처리에 따른 시험결과는 그림 15와 같다. 경사도 15%인 라이시미터 조건에서 관행대비 토사유실량은 89~72%, 유거수량은 20%이상의 저감효과가 나타났다. 또한 감자를 무피복 관행재배 할 경우 여름무 피복재배보다 월등히 유실량이 많아 등고선 재배와 비닐멀칭 재배시 유거수량과 토양유실량이 많이 저감된다는('06. 고농연) 보고와 같은 결과를 얻었다.

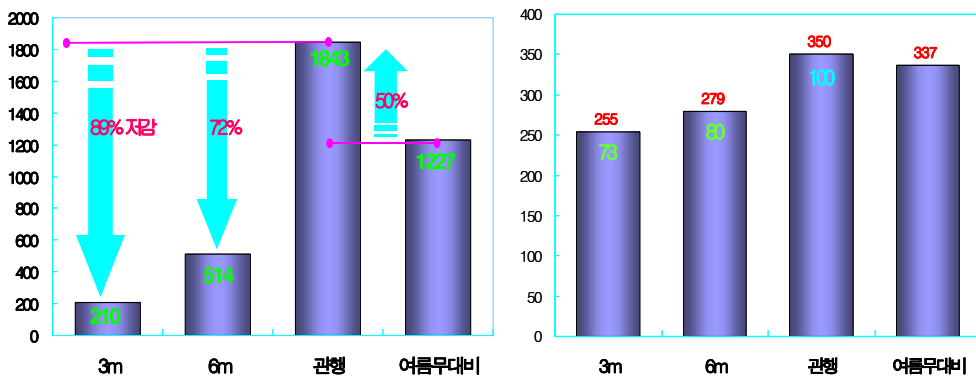
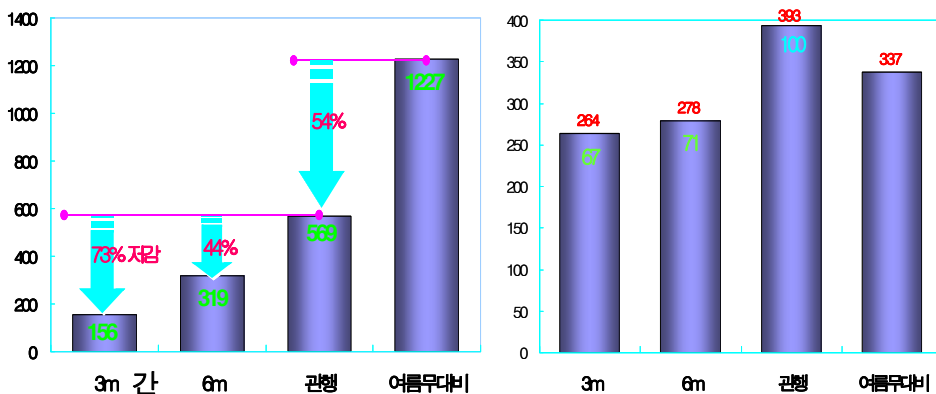


그림 15. 감자 무피복 재배시 토사유실 저감효과

감자 비닐멀칭 재배시 휴간 호맥처리에 따른 시험결과는 그림 16과 같다. 관행대비 토사유실량 73~44%, 유거수량 30%내외의 저감효과가 나타나서 상대적으로 무피복인 경우 토사유실 저감효과가 더 큰 것으로 보인다.



토사유실량(kg/10a) 및 저감율

유거수량(톤/10a)

그림 16. 감자 비닐멀칭재배시 휴간 호맥 초생재배 효과

감자 재배지에서 휴간 호맥 초생재배를 할 경우 개화기와 수확기의 포장모습은 그림 17과 같다. 8월 상순이면 아직 집중강우로 인한 피해 우려되는 시기이나 지상부는 대부분 고사되어 휴간에 남아있는 호맥이 유거수 유속의 감소와 여과기능을 수행하는 하는 것으로 보인다. 따라서 감자 하고에 의한 피복도 급감에 따른 유실위험을 상당부분 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

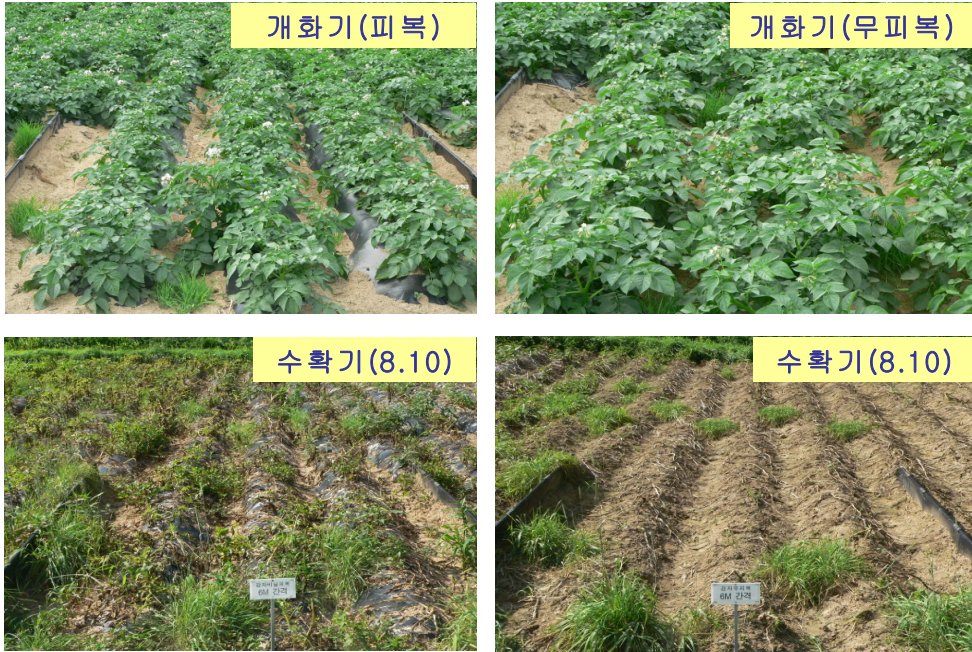


그림 17. 감자 재배지의 휴간 초생재배시 개화기와 수확기 모습

호맥 휴간 초생재배에 따른 감자 수량은 표 16과 같다. 수량성에는 큰 영향이 없었을 것으로 판단되지만 라이시미터 포장상태에서 변이가 너무 커서 유의성은 없었다.

표 16. 호맥 휴간 초생재배시 감자 수량(2008)

구 분	비닐멀칭재배			무피복재배		
	3m간격	6m간격	관행	3m간격	6m간격	관행
수확개체(개)	83	89	88	34	50	38
수량(kg)	11.6	11.2	10.8	2.9	4.6	3.2
규격서율(%)	71.6	75.7	76.1	81.7	76.8	82.6
수량지수	102	104	100	89	133	100

※ 파종기 : 감자(수미) '08. 5. 2, 휴간호맥 6. 4

※ 시험구 수확 : 0.7m×2m 3반복, 무피복재배구 역병 다발로 수량 불균일

3) 휴간 호맥 초생재배 효과 농가실증시험

현지 실증포장 2개소의 강우량 현황을 비교하여 표 17에 나타내었다. 양구 해안에서는 6월상순경 때이른 집중호우로 감자 채종포의 유실을 쉽게 발견할 수 있었다. 더욱이 그로인해 5월말에 휴간에 파종된 호맥이 발아초기에 피해를 입어 멀칭을 하지 않는 감자 채종포에서 정상적인 시험이 곤란하였다.

표 17. 현지 실증시험포장의 강우현황

월별	양구 해안				홍천 내면			
	강우량 (mm)	강우일수 (일)	최대강우일 (월.일)	최대 강우심도 (mm/hr)	강우량 (mm)	강우일수 (일)	최대강우일 (월.일)	최대 강우심도 (mm/hr)
6월	244	12	6. 3(95.5)	30.0	171	15	6. 3(73)	17.4
7월	555	17	7. 9(167.0)	29.0	734	19	7. 12(204.5)	41.5
계	799	29			905	34		

실증포장에서 토양유실량은 테스트미터를 이용하여 간이방법으로 유실토심을 측정하였다(표 18). 실제 농가포장에서도 효과는 확인할 수 있었으나 조사구간의 편차가 심하여 상대적으로 신뢰있는 데이터를 얻지는 못하였다.

표 18. 휴간 호맥 초생재배 농가실증시험 유실토심 (cm)

시험장소	처리내용	기준높이 평균값	측정높이		유실토심
			1차	2차	
양구해안	무처리	52.9	51.8	51.4	1.5
	휴간호맥처리	52.1	51.7	51.5	0.6
홍천내면	무처리	50.6	49.5	-	1.2
	휴간호맥처리	50.3	49.6	-	0.8

※ 조사일시 : 양구 해안(6. 8일, 6. 17일), 홍천 내면(7. 16일)

감자 채종포(무멀칭)는 제조제로 인한 약해발생으로 호맥 고사, 멀칭구에서만 조사

농가실증시험을 수행하면서 추진상의 문제점을 현지농가와 상담한 결과, 농가에서 감자, 여름무 파종 후 잡초발아억제제(라쏘, 스톱프 유제)를 전면 살포하기 때문에 약해로 인한 호맥 고사를 특히 우려하였다. 아울러 감자채종포, 여름무 계약 재배시 이러한 경종범이 산지수집상의 이해를 필요로 한다는 문제점도 확인하였다. 토양보전을 위한 고랭지 농가들의 자구책 마련과 공감대도 확대됨을 알 수 있었고 본 시험을 통한 토사유실 저감효과는 일부 기대되며, 생산량 감소는 없었던 것으로 실증농가의 의견을 수렴하였다.

4. 적 요

고랭지채소 재배지 토사유실 저감을 위한 휴간 녹비작물 간작에 의한 초생재배 위해 적합 초종을 선발하고 여름무와 감자에 대하여 휴간 호맥을 일정간격 초생 재배함으로써 일련의 토사유실 저감효과를 확인할 수 있었으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 고랭지채소 재배지 휴간 녹비작물 초생재배를 위한 초종선발

- 1) 고추, 배추, 무 등 채소를 대상으로 휴간에 3종의 녹비초종을 피복작물로 간작하여 시험 재배한 결과, 관행재배와 대비하여 고추는 23~36%, 배추는 20%내외, 무는 15~41% 수준으로 수량이 감소되어 재배작물과 간작 피복작물간의 양수분 경합, 통기성과 수광을 문제 등이 나타남을 확인할 수 있었다.
- 2) 재배작물에 따라 차이가 있으나, 호맥은 8월하순, 그루밀은 8월중순경 하고현상이 나타났으며, 헤어리벤티치는 10월이후까지 생육이 왕성하게 유지되었다.
- 3) 7월 집중호우기에 토사유실량을 간이측정한 결과 고추 재배구에서 호맥과 헤어리벤티치를 간작 처리할 경우 95~99% 수준의 매우 우수한 저감효과를 나타내었다.

나. 고랭지채소 재배지 휴간 호맥 초생재배시 토사유실 저감효과

- 1) 고랭지 여름무 재배지에서 휴간에 호맥을 일정간격으로 작기중 파종하여 작물생육에 지장없이 토사유실 저감이 가능하였는데 파종간격을 달리할 경우 라이시미터 경사도 15%조건에서 토사유실량은 휴간전면 파종시 93%, 3m간격 파종시 82%, 5m간격 62%가 각각 저감되었으며 5~6m간격처리시 3개년 평균 토사유실량은 56.6%, 유거수량은 12%내외의 저감 효과가 있음을 확인하였다.
- 2) 기상여건에 따라 효과 차이가 많으므로 집중강우기 도래 30일 이전에 여름무 재배를 위한 두둑성형과 비닐멀칭을 미리 완료후 휴간 호맥파종(6월중순이전) 하는 것이 안전하다는 결론을 얻었다.
- 3) 제초제로 인한 약해 위험을 최소화하고 휴간에 호맥을 조기파종하기 곤란할 경우 육묘 매트처리를 하면 토사유실 44.6% 저감효과가 나타났다.
- 4) 감자의 경우 3~6m간격 처리시 토사유실량은 피복재배는 73~44%, 무피복재배는 89~72% 저감 효과가 나타났고, 유거수량도 20~30%내외로 감소되어 하고현상에 다른 집중강우기 피복도 급감에 따른 유실위험을 최소화할 수 있었다.
- 5) 여름무 생산단지과 감자채종단지의 2개소에서 농가포장을 선정하고 실증시험을 수행한 결과 관행재배보다 유실토심이 적게 나타나 상당한 효과가 확인되었으며, 휴간 호맥 초생재배를 통해 고랭지의 경사장을 절단하여 유거수 유속을 늦추는 과속방지턱 효과와 비료와 퇴비 유실 여과기능도 기대된다.

5. 인용문헌

- 농업과학기술원. 2001. 토양 및 식물체 분석법. 농촌진흥청
- 농촌진흥청. 2003. 제4관 농업과학기술 연구조사분석기준
- W. T. Pinson, et al. 2004. Design and evaluation of an improved flow divider for sampling runoff plots. Applied Eng. in Agric. 20(4) : 433~438
- 강원도. 2006. 고랭지 밭 농업인 설문조사 결과 보고서
- 정강호 등 5인. 2007. 집중강우시 밭토양의 토성과 경사에 따른 물유출 양상. 토비지 40(3) : 208~213
- 정영상 등 5인. 1999. 강원도 경사지 토양유실 예측용 신USLE의 적용을 위한 강수인자와 토양침식성 인자의 검토. 토비지 32(1) : 31~38
- 김진택, 박승우. 1994. 경사지의 경종에 따른 유출 및 토양유실에 관한 연구. 농공지 36(1) : 73~82
- 고령지농업시험장. 2001. 공익기능 향상을 위한 친환경 산지농업 개발 방향 학술심포지엄. 농촌진흥청
- 농업과학기술원. 2002. 경사지 토양보전 및 관리대책 학술심포지엄. 농촌진흥청
- 고령지농업연구소. 2006. 고랭지농업분야 영농활용 자료집. 농촌진흥청
- 강원대학교. 2002. 고랭지 농경지의 친환경 토양관리 기술개발. 농촌진흥청
- 강원대학교. 2005. 내린천 상류 농경지 토사유출 저감방안 연구. 특성화대학 강원도비지원 연구과제. 강원도농업기술원

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2007(2년차)	영농활용	○ 경사전 토사유실 저감을 위한 휴간 호맥 초생재배 효과 (도자체, 중앙)
2008(3년차)	영농활용	○ 경사전 감자재배시 토사유실 저감을 위한 휴간 호맥 초생재배 효과(도자체)
2009(4년차)	영농활용	○ 경사전 여름무 재배시 휴간 호맥 초생재배 기술 개선(자체,중앙)

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도			
					'06	'07	'08	'09
책 임 자	환경농업연구과	농업연구사	김세원	세부과제 총괄	○	○	○	○
공동연구자	"	"	안문섭	사업추진 지원	○	○	○	○
"	"	"	서영호	유실량 분석 지원	○	○	○	○
"	"	"	최승출	사업추진 지원		○	○	○
"	"	"	임수정	사업추진 지원				○
"	"	농업연구관	강안석	연구평가 자문	○	○	○	○