

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
2) 고랭지채소 대체소득 발작물 입식에 의한 토사유실 저감효과 구명		"	'07~'09	"	김세원
색인용어	고랭지, 경사전, 토사유실, 대체작물, 발작물, 더덕, 도라지, 피복작물				

ABSTRACT

This study was conducted to examine soil loss reduction by substituting crops cultivated in alpine slope area. The results obtained are as follows. Significant difference was not observed for the first year except soybean which reduced soil loss by 42%. For steep slope greater than 15%, cultivation of *Codonopsis lanceolata* could decrease soil loss by 54~76% in the first year and over 96% in the second year. For Chinese balloonflower, soil loss reduced by over 90% in the second year while no reduction in the first year due to low emergence.

1. 연구목표

강원도 고랭지 밭토양은 70% 이상이 경사지에 위치하여 여름철 집중강우에 의한 토사유실이 심각하고 작물의 생산성 저하, 하천과 농경지의 매몰 및 토양양분과 제초제에 의한 수질오염 등 환경문제를 유발하는 등 사회적 문제가 되고 있다. 특히 고랭지에서는 단경기 재배작목인 무, 배추, 감자가 60%이상 재배되어 연작재배에 따른 문제가 발생되고 있으며 이러한 고랭지채소 생산 영농행태가 대면적의 투기영농, 임대농으로 이루어지고 있으며 농작업을 위한 인력난으로 인해 더욱 심화되고 있다.

고랭지지역의 토사유실을 방지하기 위하여 시멘트낙차공, 자갈대, 승수로 등의 구조물에 의한 토양보전처리를 하고 있으나 시설비가 많이 들고, 실제 재배농가에서 적용하기 어려운 실정이다.

최근 재배농가에서 접근성이 용이한 초생대 설치, 경운방법, 농자재 피복, 녹비작물 재배 등의 연구가 이뤄지고 있으며, 고랭지 밭토양의 토사유실을 경감시키기 위한 전작물의 재배시기, 재배기간, 식생밀도, 지면피복도 등을 고려한 작목선발, 재배기술 개발, 작부체계 개선 등이 필요하다.

일반적으로 1년생 작물보다 다년생 작물이 피복효과가 우수하며 토양보전에 보다 기여할 것으로 판단된다. 고랭지에서 채소를 대체할 수 있는 1년생 전작물은 소득면에서 선택여지가 매우 낮다. 다만 콩과식물은 화학비료 사용을 최소화할 수 있고 지력유지에도 도움을 줄

수 있어 휴경과 토양보전 측면에서 바람직한 작물로 사료된다. 고랭지에서 대체작물로 재배 가능한 다년생 작물로는 산채류와 약초류 등이 대표적인데 산채류를 제외하고 강원도내 많은 재배면적을 차지하고 있는 더덕, 도라지, 당귀 등의 경사전 재배효과도 검토할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 고랭지 경사전에서 채소를 대체할 수 있는 수종의 전작물에 대해 토사유실 저감효과를 비교하고 경종적 방법의 종합실증시험포 운영함으로써 농업인 스스로 실천 가능한 자구책을 마련하며, 금후 고랭지 휴경과 작목전환, 조건불리지역직불제 등 정책지원을 위한 기초자료를 확보하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 2007년부터 2009년까지 3개년간 고랭지 경사전 토사유실 저감 종합실증 시험포를 흥천 내면 자운리에 조성하여 수행하였다. 시험포장은 경사장 18m, 폭 3M, 경사도 15% 내외의 간이라이시미터를 설치하였고 고랭지채소 대체를 위한 전작물은 년차별로 다양한 대표적 작목을 선정 공시하였다.

2007년도에는 콩, 고구마, 메밀, 수수, 더덕 그리고 대조구인 여름무를 가지고 2반복으로 수행하였으며, 2008년에는 메밀과 수수는 소득성과 집중강우시 토사유실 문제로 인해 제외하고 다년생인 더덕과 도라지 직파구, 노지딸기, 당귀 등을 추가하였다. 2009년도에는 일년생작물인 콩, 고구마, 팥을 처리하였고 더덕과 도라지 노지직파를 다시 처리하여 다년생인 더덕과 도라지의 경우 연차별 토사유실 저감효과를 상대적으로 비교할 수 있게 하였다.

년차별 시험작목과 재배법은 표 1, 2와 같다.

표 1. 일년생 발작물 시험작목과 재배법

구분	콩	고구마	메밀	수수	팥	여름무(대조)
정식(파종)일	07.6.5	07.6.5				07.6.5
	08.5.30	08.6.11	07.6.5	07.6.30	09.6.20	08.6.24
	09.5.28	09.6.11				09.6.24
재식거리(cm)	60*15	70*20	15 l /10a	60*10	60*15	70*25
경종방법	평휴재배 1주 2분	육묘이식 상하경 무피복	평휴재배 산파	육묘이식 상하경 무피복	평휴재배 1주 2분	비닐피복 상하경

표 2. 다년생 시험작목과 재배법

구분	더덕 3년생	더덕 2년생	더덕 1년생	도라지 2년생	도라지 1년생	노지딸기	여름무(대조)
정식(파종)일	07.5.31	08. 5. 7	09. 5. 28	08. 5. 7	09.5.28	08.6.12	07.6.5
							08.6.24
							09.6.24
재식거리(cm)	10*10	2L/10a	2L/10a	2L/10a	2L/10a	70*80	70*25
경종방법	비닐피복 90cm두둑	노지산파	노지산파	노지산파	노지산파	평휴재배 육묘이식	비닐피복 상하경

일년생인 콩과 고구마의 경우 3개년간 계속 파종하여 누년 성적을 도출하였으며, 더덕과 도라지는 파종 후 이듬해 계속 파종작업을 하여 여름무를 대비하여 년차별 토사유실 저감효과를 검토하였다. 작물별 피복도와 토사유실량, 유거수량을 분석하였고, 경제성을 비교 검토하였다. 피복도는 지표면 2m에서 사진을 찍어 달관조사하였으며, 토사유실량은 라이시미터에 하단에 30L의 유거수 버킷을 3단계로 설치하고 유실토양이 포함된 유거수를 교반기로 진탕시켜 버킷별로 300ml 용기에 3반복 채취하고 실험실에서 여과 후 유실량과 유거수량을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

2007년 일년생 전작물을 여름무와 대조하여 토사유실량과 유거수량을 조사한 결과는 표 3과 같다. 년중 2기작이 가능한 메밀의 경우 산파처리 후 지표면 피복도가 양호하여 상대적으로 높은 저감효과를 나타내었으나, 7월중순부터 8월중순까지 집중강우기가 도래하는 것을 고려할 때 너무 속기가 빨라 피복효과는 의문시되었으며, 수수의 경우는 지표면 피복효과가 낮아 문제가 있어 1년차 시험결과를 토대로 중단하였다. 콩은 46%, 고구마는 64% 내외의 토사유실 저감효과를 나타내었는데 기상조건에 따른 변이를 보고자 년차별 계속 공시하였다.

표 3. 전작물 재배작목별 토사유실량(2007년)

구분	토사유실량(kg/10a) / 무대비 저감율(%)					나지구
	메밀	콩	수수	고구마	여름무	
1회 (7.24)	6.2 (95.8)	9.8 (93.3)	41.2 (72.1)	4.2 (97.1)	147.3	391
2회 (8. 2)	21.5 (80.9)	47.3 (57.9)	561.2 (-399)	13.4 (88.1)	112.4	371
3회 (8. 9)	36.1 (61.1)	88.0 (5.1)	1463.7 (-1478)	70.9 (23.5)	92.7	339
4회 (8.11)	30.3 (69.5)	73.7 (25.7)	982.0 (-890)	52.7 (46.9)	99.2	303
누계	94.1 (76.8)	218.8 (45.5)	3048.1 (-674)	141.1 (63.9)	451.7	1,404

전작물별 유거수량은 여름무 대비 약 50%내외로 낮았는데 이는 여름무가 비닐피복 재배를 한 반면 처리된 전작물 모두 무피복 재배를 하여 토양중 침투수가 많았기 때문으로 판단된다.(표 4)

표 4. 전작물 재배작목별 유거수량

구분	유거수량(톤/10a) / 무대비 유거수율(%)					나지구
	메밀	콩	수수	고구마	여름무	
1회 (7.24)	7.9 (128.2)	6.0 (97.5)	6.8 (110.1)	3.1 (50.8)	6.1	34.1
2회 (8. 2)	20.8 (27.0)	6.4 (8.4)	28.2 (36.6)	4.0 (5.3)	77.0	80.0
3회 (8. 9)	66.7 (85.3)	81.1 (103.8)	73.2 (93.7)	78.5 (100.4)	78.2	97.4
4회 (8.11)	42.3 (40.8)	50.3 (48.5)	47.6 (46.0)	47.6 (46.0)	103.6	156.1
누계	137.6 (51.9)	143.8 (54.3)	155.8 (58.8)	133.3 (50.3)	264.9	367.6

2007년 공시된 전작물의 생육특성과 수량성 및 경제성을 상대적으로 비교하면 표 5와 같다. 저온적응성이 낮은 고구마의 경우는 후기에 지면피복도는 양호하나 피복속도가 느려 고랭지 기후여건에는 부족한 면이 있다고 여겨진다.

표 5. 공시작목 생육특성, 수량 및 경제성(2007)

처리	피복 속도	근권 활착	경관성	파종 한계기	생육기간 (개월)	수량 (kg/10a)	소득 (천 원/10a)
메밀	매우빠름	약	+++	5.상	2.5	65	300
콩	보통	중	++	5.하	5	159	369
수수	느림	약	++	5.하	4.5	170	700
고구마	느림	강	+	6.상	4	1,498	1,025
여름무	빠름	약	+	6.15	3	4,186	1,073

* 2006년 농축산물표준소득자료와 일반거래시세 참조



그림 1. 메밀과 수수처리구

2008년 이후에는 전년도에 공시된 콩과 고구마를 비롯해 더덕, 도라지, 당귀 등 다년생 작물을 추가하여 시험을 수행하였다. 콩과 고구마 등 일년생 발작물과 노지딸기, 당귀 등은 여름무보다 토사유실 저감효과가 나타나지 않았다(그림 2, 3). 이는 집중강우 시기와 조건에 따라 콩과 고구마와 같은 작물이 비닐피복을 하는 여름무보다도 오히려 토사유실에 취약할 수 있음을 나타낸다.

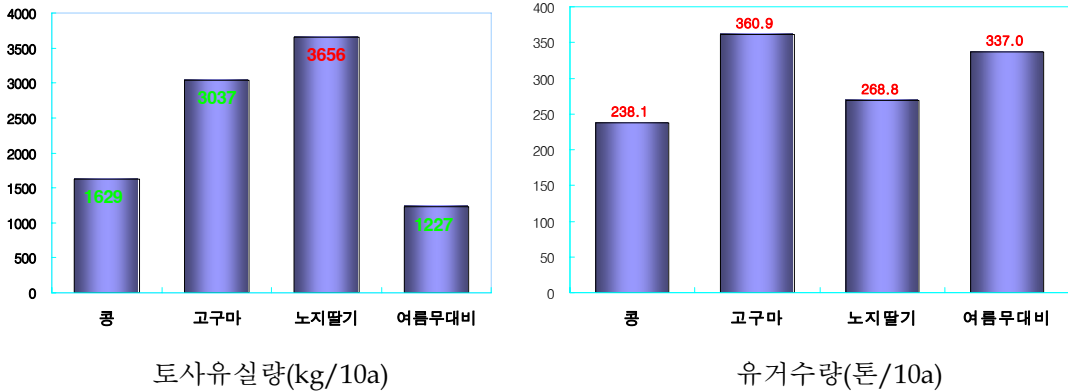


그림 2. 2008년도 토사유실량 및 유거수량 누계

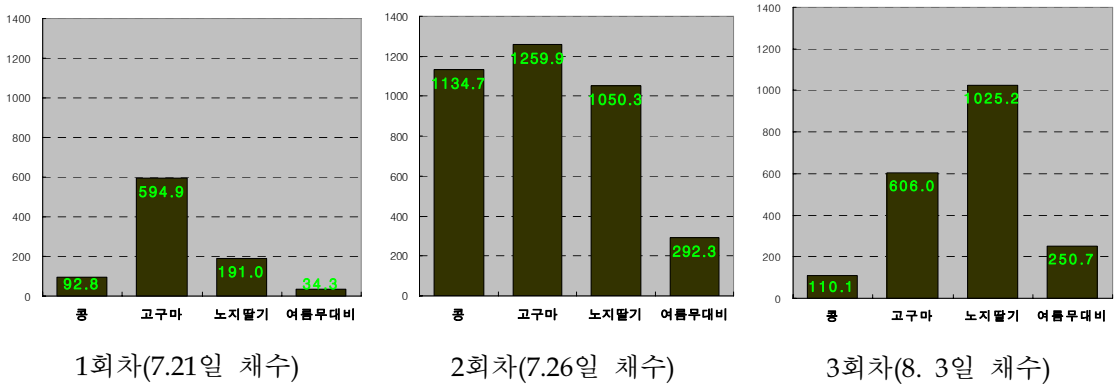


그림 3. 강우 후 조사시기별 토사유실량 양상 비교

콩과 고구마의 여름무대비 토사유실 저감효과에 대한 3개년 누년성적은 그림 4와 같다.

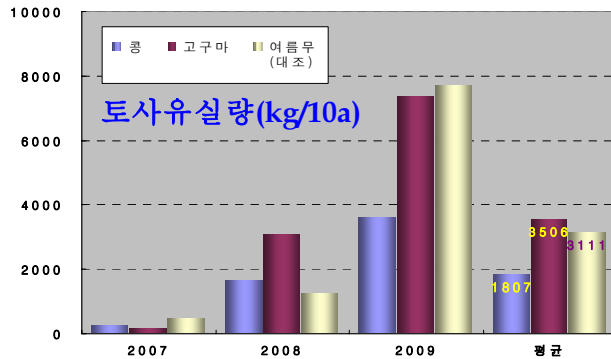


그림 4. 콩 재배시 여름무대비 토사유실 저감효과

강우조건이 년차별 상이한 조건에서 매년 동일한 결과를 나타내지는 않았으나 콩을 재배할 경우 여름무 대비 평균 42%의 저감효과를 보여 채소 휴경시 1년생 작물로 적합할 것으로 본다(그림 5).



그림 5. 콩과 고구마의 집중강우기 생육양상

2008년 공시된 전작물의 생육특성과 수량성 및 경제성을 상대적으로 비교하면 표 6과 같다. 노지딸기의 경우 피복효과가 우수한 작물로 판단되어 시험 처리하였으나 피복속도가 매우 느려 효과를 나타내지 못하였다. 이는 품종이 노지재배에 부적합하거나 런너를 확장해 나가기에 부적합했던 것으로 판단된다.

표 6. 공시작목 생육특성, 수량 및 경제성(2008)

처리	피복 속도	근권 활착	경관성	파종 한계기	생육기간 (개월)	수량 (kg/10a)	소득 (천원/10a)
콩	보통	중	++	5.하	5	147	397
고구마	느림	강	+	6.상	4	1,704	659
노지딸기	매우느림	강	+	?	36	?	?
여름무	빠름	약	+	6.15	3	4,191	973

* 2007년 농축산물표준소득자료 참고

2007년 첫해 예비시험으로 더덕을 비닐 피복하여 처리하고 소득과 토사유실 저감효과가 있을 것으로 기대되어 더덕, 도라지 등의 노지 산파시 년차별 토사유실 저감효과를 검토하였다. 경사도 15~20%이상의 급경사 취약농경지에 대해서 더덕과 도라지 종자를 10a당 2L를 노지직파할 경우 더덕은 여름무대비 1년차에 토사유실량 54~76% 저감, 2년차에는 96%이상 저감 가능하였고, 도라지의 경우 1년차에는 입모율이 낮아 여름무보다 유실량이 많았으나, 2년차이후 조기피복되어 90%이상 저감효과가 나타났다.(그림 6, 표 7)

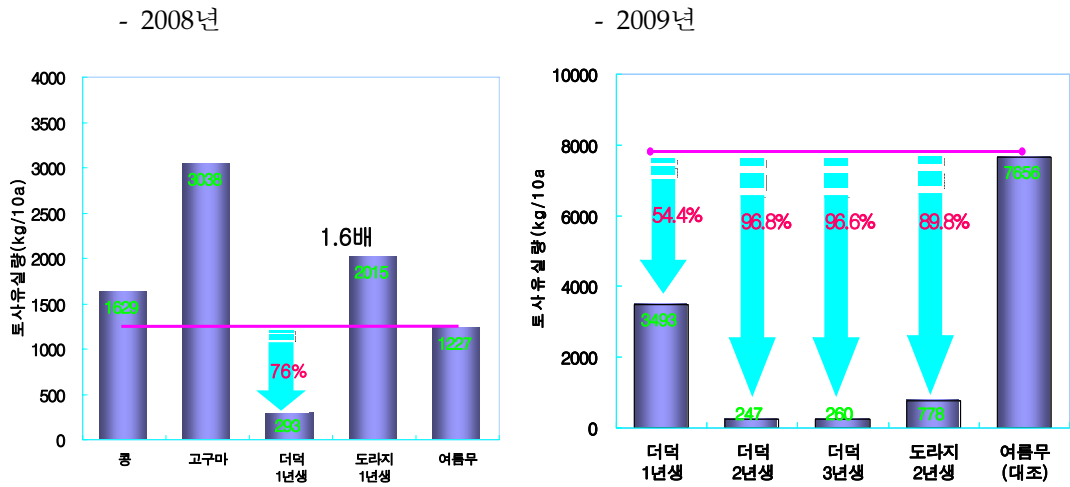


그림 6. 더덕과 도라지의 년차별 토사유실 저감효과

표 7. 더덕, 도라지 입식에 따른 년차별 토사유실량

○ 2008년

구 분	더덕산파 1년생	더덕멸칭 2년생	도라지산파 1년생	여름무(대비)
1회 (7.21)	27.3	2.2	567.5	34.3
2회 (7.26)	180.6	6.2	1038.3	292.3
3회 (8. 3)	28.0	6.6	97.8	250.7
4회 (8.23)	57.3	11.2	311.6	649.6
누 계 (저감율%)	293.1 (76.1)	26.2 (97.9)	2015 (1.6배)	1,227

○ 2009년

구 분	더덕산파 1년생	더덕산파 2년생	더덕멸칭 3년생	도라지산파 1년생	여름무 (대비)
1회 (7.10)	1260.6	54.3	43.9	515.0	3600
2회 (7.16)	1848.1	139.8	179.3	213.1	2580
3회 (7.27)	371.2	44.5	30.4	43.6	932
4회 (8.13)	13.3	8.2	6.0	5.9	543
누 계 (저감율%)	3493 (54.4)	247 (96.8)	260 (96.6)	778 (89.8)	7656

더덕과 도라지는 노지산파후 데브리늘 살포 등 초기 제초관리에 주의를 기울이면 생육 기간 중 별도의 숙음작업은 하지 않아도 되었고 손제초 노력은 1년생에서만 약 2회 정도 필요

하였다. 하지만 경사전에서 더덕과 도라지 재배시 수확 후 토양교란이 우려되므로 동계녹비, 피복작물재배 등 사후조치가 바람직할 것으로 판단된다.

2009년에서 조사된 밭작물 처리별 유거수량은 그림 7과 같다. 피복효과가 우수한 더덕과 도라지가 비닐멀칭이 아니어도 여름무보다 현저히 유거수량을 저감시킨다는 것을 확인할 수 있었다.

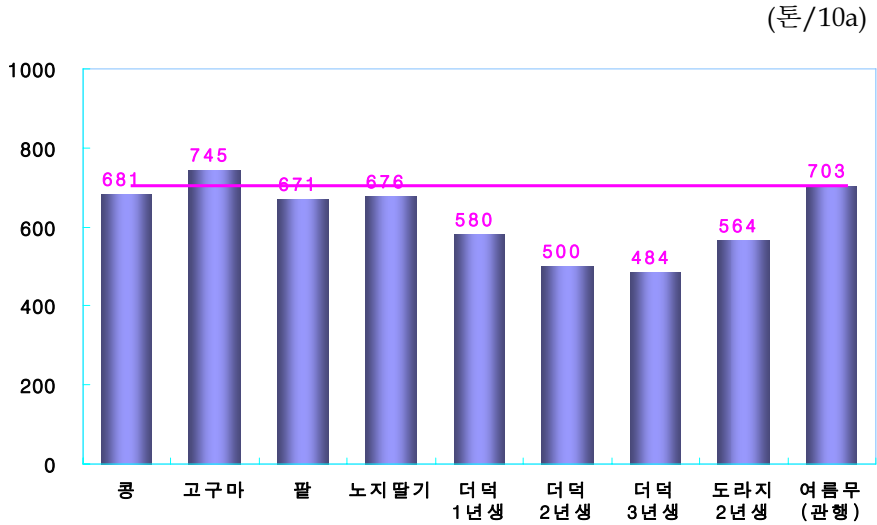


그림 7. 전작물 처리별 유거수량 누계(2009년)

시험작물별 재배기간 중 피복도 변화는 그림 8과 같다. 더덕과 도라지는 식재 2년차 이른 봄부터 일찍 피복효과가 나타나 토사유실 저감효과가 탁월하였다(그림 9).

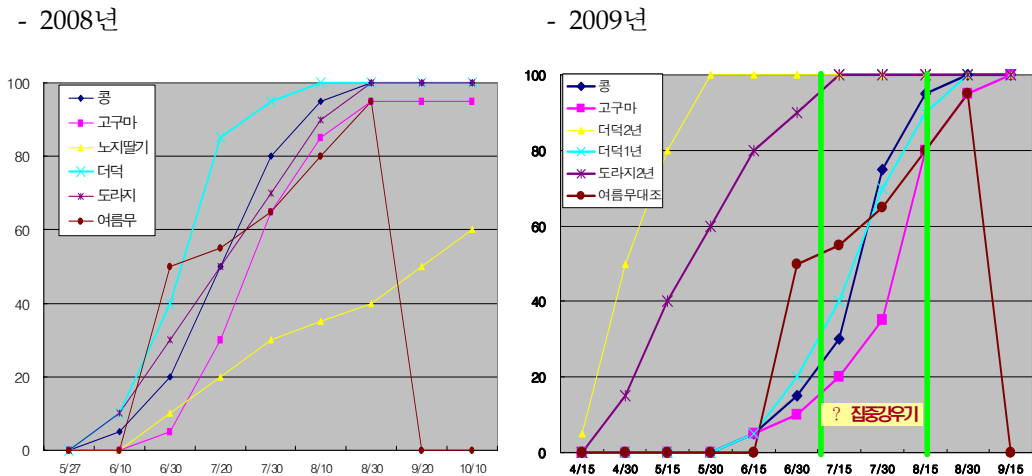


그림 8. 시험작물별 피복도 변화



더덕산파 1년생

더덕산파 2년생

도라지산파 2년생

그림 9. 집중강우기(7월하순) 생육양상

2009년 공시된 전작물의 생육특성과 수량성 및 경제성을 상대적으로 비교하면 표 8과 같다.

표 8. 공시작목 생육특성, 수량 및 경제성(2009)

처리	피복 속도	근권 활착	경관성	파종 한계기	생육기간 (개월)	수량 (kg/10a)	소득 (천 원/10a)
콩	보통	중	++	5.하	5	147	397
고구마	느림	강	+	6.상	4	1,890	881
팥	느림	중	+	6.상	5	110	450
노지딸기	매우느림	중	+	?	?	?	?
더 덕	보통	강	+	4.하	2년	780	2,478
도라지	보통	강	+++	4.하	2년	1,720	4,800
여름무	빠름	약	+	6.중	3	4,379	578

* 더덕, 도라지 : 2년 1기작

* 2008년 농축산물표준소득자료 참고

2008년 전국 더덕 재배면적 2,511ha중 강원도내 46%가 재배되었으며, 도라지는 1,031ha중 강원도에서 31%가 재배되어 가장 면적이 많은 우위작목이며, 소득은 10a당 더덕 2,478천원, 도라지 4,800천원으로 높아 경사전 취약농경지에서 소득보전이 가능하고 토사유실 저감효과도 있는 대체작물로서 매우 기대된다. 손실과 이익적요소를 고려한 수익액은 토양환경보전에 의한 공익적, 다원적 기능 효과분석이 안 되어 추정이 곤란하였다. 더덕, 도라지 등 노지에 파종할 경우 토사유실 저감효과가 구명되지 않아 본 결과를 통해 고소득 피복작물로서 큰 가치가 있음을 확인 할 수 있었다.

4. 적 요

고랭지 경사전에서 수종의 대체 전작물을 년차별 재배시 여름무 대비 토사유실 저감효과를 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가. 고랭지 채소를 대체하기 위한 1년생 전작물은 대부분 효과가 없었으나, 콩의 경우 약 42%의 저감효과가 있어 지력유지와 토양보전을 목적으로 한 휴경지 활용을 위한 선택작물로 바람직하였다.
- 나. 경사도 15~20%이상의 급경사 취약농경지에 대해서 더덕과 도라지 종자를 10a당 2L를 노지직파 할 경우 더덕은 1년차에 54~76% 저감, 2년차에는 96%이상의 토사유실 저감이 가능하였고, 도라지는 1년차에는 입모율이 낮아 여름무보다 유실량이 많았으나, 2년차 이후 조기 피복되어 90%이상 저감효과를 나타내어 유망하였다.

5. 인용문헌

농업과학기술원. 2001. 토양 및 식물체 분석법. 농촌진흥청
 농촌진흥청. 2003. 제4판 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
 농촌진흥청. 2008. 더덕, 도라지, 산채류 등 재배 통계자료
 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

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2008(2년차)	영농활용	경사전 더덕 노지직파시 토사유실 저감효과
2009(3년차)	영농활용	경사전 더덕과 도라지 노지직파시 년차별 토사유실 저감효과(도자체) 고랭지 경사전 채소대체 피복작물 식재에 의한 년차별 토사유실 저감효과(중앙활용)

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'07	'08	'09
책 임 자	환경농업연구과	농업연구사	김세원	세부과제 총괄		○	○
공동연구자	작물경영연구과	"	변학수	작물재배 지원	○		
"	환경농업연구과	"	안문섭	분석업무 지원	○	○	○
"	"	"	최승출	시험수행 지원	○	○	○
"	"	"	임수정	시험수행 지원			○
"	"	"	서영호	유실량측정 지원	○	○	
"	"	농업연구관	강안석	연구평가 자문	○	○	○