

침사구를 이용한 고랭지 경사전의 탁수방지 기술 보급 건의

1. 현황 및 문제점

가. 한강 상류 북한강과 남한강의 탁수문제가 심각해지고 있으나 이를 제도적으로 규제할 수 있는 방법이 부족함

나. 농민들이 자신들의 밭에서 배출되는 유사로 인한 탁수가 수질, 경제 및 사회 환경에 미치는 영향을 이해할 수 있도록 교육할 수 있는 정책과 교육자료의 부족

다. 탁수를 방지하기 위한 현실적인 기술의 부재 및 사업주관부서의 기술력 부재로 인한 예산의 비효율적 집행. 예산투입에 비해 탁수방지 효과는 크지 않을 수 있음

2. 현행 제도

- 현재 고랭지 경사전의 토양침식 및 탁수문제 해결을 위한 제도적 기반미비

3. 주요 연구결과

1) 고랭지에 적용할 수 있는 침사지의 적정규모

- 50년 빈도 2시간 확률강우량에서 발생할 수 있는 유사를 3회 정도 포집할 수 있는 체적을 갖는 것이 타당할 것으로 제안함

- 이 정도의 강우는 1년에 2내지 3회 발생할 수 있고 이 경우에는 침사지를 1회 정도 관리하여 주면 되기 때문에 농민이 침사지 관리에 소요되는 노동력과 시간이 적절할 것으로 판단됨.

2) 침사지의 유출수량, 유사제거량, 유출수 수질 조사

- 유사제거효율 : 강우량, 강우강도 등에 따라 83.2%에서부터 98.7%

- 강우강도가 큰 강우에서 유사제거효율이 낮게 나타났음

- 침사지 유역에서의 유사발생량 : 3.3 톤/ha에서부터 81.6톤/ha

- 경사도, 경운방법, 토성 및 강우강도 등의 영향인자에 따라 변화가 매우 큼.

- 감자 재배시 측정된 유사발생량 4.5톤/ha에서부터 29.6톤/ha와 비교하면 무 재배시 유사 발생이 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 무 재배시 감자보다는 지표면 피복이 약하여 유출수량과 유사발생이 크게 나타나고 또한 2002년과 2003년의 강우량과 강우

강도가 영향을 주었기 때문인 것으로 판단되었다.

- 침사지의 유사포집효율 83% 이상은 하천으로 유입하여 탁도를 증가시키고 유사와 함께 배출되는 각종 영양요소들에 의해 하천과 호소의 부영양화를 증가시키는 인자의 상당부분을 통제할 수 있음을 입증

3) 토양유실(탁수)을 방지하기 위한 자료의 수집 정리

- 강원도에서 작성한 탁수방지대책의 개선방안, 고령지 급경사 밭에 적용할 수 있는 유사방지방법에 관한 이론 및 실무적인 적용방법 고찰

4) 경작방법 및 작물 처리구에 따른 토양 유실량 평가

- S/R비는 상하경 나지에서 최대(8.82)을 나타냈으며, plot의 끝 부분에 초생대를 식재하고, 감자를 멀칭해서 재배한 구에서 가장 낮은 값(1.27)을 보였음.

- 강우 유출량은 무경운의 작물을 재배하지 않은 구에서 최대(7.96)을 보였으며, 초생대를 식재하고, 감자를 재배한 구에서 최소(3.04)임.

- 토사가 유실된 양은 상하경 나지구에서 51.0 kg이 유실되었는데 이는 무경운 나지에 비해 두 배 정도 높은 유실량을 나타내는 것이다.

- 유출수 분석 결과, 처리별 유출수의 전기전도도는 차이가 거의 없고, 질소의 경우도 유출수에서 처리간에 별다른 차이가 없었음

5) 도내 토사유실이 큰 농경지 대상 조사

- 조사지역 : 홍천군 내면 자운리

- 조사특성 : 유효인산 함량 높음. 약산성, 미생물상 군락조성

4. 기대효과

○ 기술적 측면

- 침사지를 이용한 유사 제거기술의 개발 및 보급

- 다양한 토양유실방지 및 억제방법의 소개 및 보급

- 토양유실을 저감시킬 수 있는 경운방법 및 영농방법의 개발

- 토양유기물의 적절한 관리에 따라 경사지 고령지 농경지에서 토양유실을 줄이고 토양의 질을 유지하며, 토양유실이 심한 토양의 비옥도를 복원할 수 있는 적절한 관리방안을 도출 및 제시

○ 경제적 측면

- 유사제거로 하천수계의 탁수문제 경감 및 수처리비용 절감

- 경사지 토양유실 방지로 농경지 비옥도 유지

○ 파급효과

- 농업용수, 하천생태계 보호 및 소양호 탁수 저감에 기여
- 내린천 맑은 물 보전으로 휴양관광지의 명성을 유지하고 관광객을 유치하여 지역 경제에 활력 부여
- 토양유실이 심한 토양의 비옥도를 복원할 수 있는 적절한 관리방안을 도출함으로써 수계 오염 저감

5. 건 의

가. 건의부처 : 환경부, 강원도(농정산림국, 환경관광문화국)

나. 건의사항

- 고랭지 경사전에서 배출할 수 있는 허용토양유실량의 제정
- 고랭지 경사전에서 배출되는 유사를 포집하기 위한 침사구와 배수로의 설치 기술 보급

<세부연구결과 성적>

1. 침사지의 설계법 고찰 및 적정규모 산정

1) 침사지의 기본 구조: 침사지, 유사저류 공간, 배출구 및 비상방수로로 구성. 배플을 이용하여 체류시간과 침사효과의 극대화

2) 침사지 규모의 산정방법

가) 배수면적에 따른 침사지의 규모 결정: 배수면적당 일정한 체적의 침사지 체적을 할당하여 규모 결정. 예) 미국 오하이오주 - 침사지의 규모는 배수구역의 면적 1,200평(1 acre)당 51 m³ (67 yd³)를 설치

나) 유사제거효율(TE, Trap efficiency)을 이용한 침사지의 체적 산정방법

- 경험적인 방법에 의한 침사지 규모의 산정법 : Brune(1953)과

Heinemann(1981)이 개발한 TE 곡선을 사용하여 침사지 체적 산정

- 이론적인 TE 산정공식

USEPA의 표면적 공식, Fifield 수정 표면적 공식 등을 예를 들어 설명

3) 침사지의 적정규모

- 고랭지 지역에서의 침사지는 일강우량 100mm를 기준하여 3회 강우시 유출될 수 있는 유사를 저류할 수 있을 정도의 규모로 설치하는 것이 좋음

2. 침사지의 효과측정 및 분석

1) 표 1과 같은 3개의 침사지 설치 및 토성분석(표 2)

표 1. 침사지의 특성
과

침사지	저류용량 (m³)	유역면적 (m²)	경운방법	재배 작물
1	4	1,878.0	등고선경운	무
2	1.5	736.4	상하경운	무
3	0.5	209.9	상하경운	무

표 2. 침사지 유역의 입도분석 결과

채취지점 (유역중앙)	모래 (%)	실트 (%)	점토 (%)	토성
1, 2번 유역	83	9	8	모래
3번 유역	72	17	11	모래

2) 침사지의 유출수질, 유사포집량 및 유사제거효율 산정 (표 3, 4, 5)

침사지의 유사포집효율은 강우가 상대적으로 작아 유출수량이 작을 경우에는 95% 이상이었으나 유출수량이 많이 발생하는 큰 호우에서는 83% 정도를 나타냈다. 이는 유출수량이 많아지면 침사지에 체류시간이 작아지기 때문에 유출수량이 작을 때 보다 많은 양의 부유유사가 배출되고 있음을 의미함

표 3. 침사지 유출수의 평균 오염물질 농도

침사지	Date	T-P(mg/l)	T-N(mg/l)	SS(mg/l)	BOD(mg/l)
1	2003-08-11	2.489	8.243	262.11	21.39
	8.25-9.18	2.884	63.661	110.02	6.53
2	2003-08-11	2.791	8.497	300.46	21.79
	8.25-9.18	2.229	7.027	232.20	16.97
3	2003-08-11	2.065	5.335	125.11	14.19
	8.25-9.18	1.436	2.805	118.90	5.05

표 4. 침사지에서 배출된 오염물질의 배출부하량

침사지	Date	부유 T-P(g)	부유 T-N(g)	부유유사(kg)	부유 BOD(g)
1	2003-08-11	102.0	337.9	10.7	876.8
	8.25-9.18	406.6	8,976.2	15.5	921.1
2	2003-08-11	664.1	2,022.3	71.5	5,186.0
	8.25-9.18	7,347.6	23,161.0	765.3	55,916.6
3	2003-08-11	26.8	69.4	1.6	184.5
	8.25-9.18	74.7	145.9	6.2	262.5

표 5. 침사지의 유사포집효율 산정

침사지	강우기간	퇴적유사량(kg)	부유유사량(kg)	계(kg)	유사제거율(%)
1	8월 11일	n.m.	10.7	-	
	8.25-9.18	614.0	15.5	640.2	95.9
2	8월 11일	1,388.2	71.5	1,459.7	95.1
	8.25-9.18	3,781.8	765.3	4,547.1	83.2
3	8월 11일	n.m.	1.6	-	
	8.25-9.18	600.7	6.2	608.5	98.7

* 참고 : 침사지 1번과 3번의 8월 11일 유사퇴적량은 퇴적량이 작아 측정하지 않았고 8.25-9.18 강우 후 퇴적유사량과 함께 측정하였음.
따라서 이때의 부유유사량은 8.25-9.18 강우 후 측정한 퇴적유사량에 합하여 유사발생량(계)를 구하였음.

- 본 연구에서 이용한 무 재배 경사농경지의 유사발생량은 침사지 1번 구역에서 3.3톤/ha, 2번 구역에서 81.6톤/ha, 3번 구역에서 28.6톤/ha로 측정되었다. 한 배미의 밭에서 실험하였지만 유사발생량은 경사도, 토성, 경운방법 등에 따라 극심한 차이가 있음을 알 수 있었다. 침사지의 유사제거량은 침사지 1번에서 3.3톤/ha, 2번에서 70.2톤/ha, 3번에서 28.6톤/ha로 나타났다. 2002년도 동일한 밭에서 감자를 재배하며 측정한 유사발생량은 침사지 1번 구역에서 4.5톤/ha, 침사지 2번 구역에서 29.6톤/ha로 측정되어 무 재배시의 유사발생량은 감자 재배시의 유사발생량보다 침사지 2번 구역에서는 2.7배 정도 크게 나타났다. 2002년도 침사지의 유사제거량은 침사지 1번과 2번에서 각각 4.5톤/ha와 29.6톤/ha로 나타났다.

3. 토양유실방지 방법의 자료수집 및 정리

- 연구방법에서 제시된 내린천 유역에 적용할 수 있는 최적영농관리방법(BMPs)의 자료수집 및 정리, 구조물을 이용한 토양유실 억제방법의 자료수집 및 정리, 제도적 및 법적인 규제방법의 예와 효과분석자료 정리, 중간지를 이용한 농경지 배출수의 자연정화방법 정리, 교육, 홍보 및 연구지원 등을 통한 농지의 토양유실방지 방법에 관한 자료수집 및 정리, 저비용으로 흙탕물 발생을 줄일 수 있는 포장관리방법의 제시, 강원도의 탁수 저감방법에 관한 고찰 및 고려사항 정리, 급경사 밭에 적용할 수 있는 탁수방지 공법 기술 등 토양유실의 원리, 제어방법 및 기술 등에 관해 정리

4. 고령지 농경지의 토양유실량 조사

표 6. 강원대학교 농장 토양유실 시험포장에서의 유거수량과 토양유실량

Treatment	Runoff (R, m ³)	Soil loss(S, kg)	S/R ratio
무경운, 나지	7.96	28.5	3.58
옥수수, 초생대	6.12	11.0	1.85
옥수수	4.86	15.0	3.09
감자(멀칭), 초생대	6.32	8.0	1.27
감자(멀칭)	4.70	9.5	2.02
상하경나지, 초생대	6.06	36.0	5.94
상하경나지	5.78	51.0	8.82
감자	3.04	5.0	1.70
감자, 초생대	3.80	11.0	2.89

표 7. 강원대학교 농장 토양유실 시험포장 유거수내 유실된 토양의 화학성

Treatment	pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	유효인산	O.M.
		μ S	---	mg kg ⁻¹	---	g kg ⁻¹
무경운, 나지	7.44	65	98	39	84	21.1
옥수수, 초생대	7.61	84	125	57	111	33.2
옥수수, 초생대	7.46	88	112	47	146	44.3
옥수수	7.52	98	121	59	131	27.2
감자(멀칭), 초생대	7.45	81	119	44	117	37.4
감자(멀칭)	7.49	97	122	53	133	28.8
상하경나지, 초생대	7.58	107	112	44	142	44.2
상하경 나지	7.39	90	141	61	139	38.2
감자, 초생대	7.55	83	118	40	127	37.5
감자	7.46	95	120	43	116	34.2
감자, 초생대	7.47	80	151	53	120	35.6

표 8. 강원대학교 농장 토양유실 시험포장 유출수의 수질

Treatment	pH	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$	NH ₄ -N		NO ₃ -N	
			--- mg L ⁻¹ ---			
무경운, 나지	6.90	90.24	8.4		25.2	
옥수수, 초생대	6.86	104.9	11.2		36.4	
옥수수, 초생대	6.94	131.2	11.2		36.4	
옥수수	7.53	122.4	14.0		30.8	
감자(멀칭), 초생대	6.97	121.3	14.0		47.6	
감자(멀칭)	6.63	188.8	16.8		39.2	
상하경나지, 초생대	6.95	132.3	11.2		33.0	
상하경 나지	7.08	122.7	14.0		50.4	
감자, 초생대	7.21	137.8	16.8		50.4	
감자	6.87	158.6	11.2		56.0	
감자, 초생대	7.22	127.0	19.6		54.6	

5. 내린천 토양유실 지역의 토양관리 및 특성 조사

표 9. 강원도 홍천군 자운리의 토양화학성

자운리	작물	토양깊이	pH	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$	NH ₄ -N		NO ₃ -N		P ₂ O ₅ --- mg kg ⁻¹ ---	O.M. g kg ⁻¹
					--- mg kg ⁻¹ ---					
2리	감자	0-10	6.34	185.1	11.2		42.3	740.23	18.9	
	감자	10-20	6.17	93.5	11.2		53.7	521.23	32.2	
	당근	0-10	5.81	91.4	15.2		52.4	670.21	27.7	
	당근	10-20	4.80	92.2	15.4		44.4	721.38	25.1	
4리	감자	0-10	5.84	76.7	13.8		33.2	320.23	18.2	
	감자	10-20	4.78	79.5	16.8		42.0	318.92	14.8	
	무	0-10	5.53	110.4	18.0		54.2	570.32	22.8	
	무	10-20	5.27	105.7	19.6		58.6	421.29	23.1	
모재성토	.	.	6.35	60.23	16.80		14.0	22.23	7.2	

표 10. 강원도 홍천군 자운리 토양의 입경 분포 및 토성

지 역	작 물	Sand(%)	Clay(%)	Silt(%)	토성
자운2리	감 자	79.53	18.70	1.77	SL
	당 근	81.54	13.16	5.30	SL
자운4리	감 자	78.31	15.27	6.42	SL
	무	83.82	10.29	5.89	LS
모재성토	.	82.83	12.73	4.44	SL

표 11. 내린천 자운리 지역의 토양미생물상

지 역	Bacteria $\times 10^4$	Fungi $\times 10^3$	Actinomycetes $\times 10^4$
자운 2리	43.1	14.4	11.8
자운 4리	25.5	18.3	13
모재성토	4.3	4.6	1.1