

산지에서의 환경보전형 농업을 위한 토양의 질 평가 - 유사자료의 분석과 최적영농방법의 제안 -

최중대* · 박지성* · 김정제¹⁾ · 양재의¹⁾ · 정영상¹⁾ · 윤세영²⁾

*강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부 · ¹⁾강원대학교 농업생명과학대학 자원생물환경학부 · ²⁾상지대학교 응용식물과학부

Soil Quality Assessment for Environmentally Sound Agriculture in the Mountainous Soils - Analysis of Sediment Data and Suggestion of Best Management Practices -

Choi, Joong Dae* · Park, Ji-Sung* · Kim, Jeong Je¹⁾ · Yang, Jae-E¹⁾ · Jung, Yeong-Sang¹⁾ · Yun, Sei-Young²⁾ (*Division of Agricultural Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, 200-701 Chuncheon, Korea, ¹⁾Division of Biological Environment, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, 200-701 Chuncheon, Korea, ²⁾College of Agriculture and Life Sciences, Sangji University, 220-702 Wonju, Korea, E-mail jdchoi@kangwon.ac.kr)

ABSTRACT : Eleven runoff plots(3×15 m) were built on a sloping field of a high plateau in Kangwon Province, Korea. The plots were treated with different tillage, residue covers and fertilizers, corn and potato were cultivated, and sediment discharge was measured from the plots for 3 years. Agricultural management practices were monitored around the plots to develop adequate best management practices. The least sediment occurred from the plots with no-till and 100% residue cover (corn, 0.1~2.2 t/ha/year) and with contour tillage and vinyl sheet cover plots (potato, 0.1~0.2 t/ha/year). The largest sediment was measured from the plots with up-and-down till and no cover (11~33 and 16~31 t/ha/year from corn and potato plots, respectively). The type of organic and commercial fertilizers seemed not to affect sediment discharge. Sediment discharge from contour plots were largely dependent on the collapse of ridges due to the flush of water stored in furrows. The sediment discharge from contour corn and potato plots with no residue cover was 10~27 and 16~24 t/ha/year, respectively. No-till with residue cover, vinyl cover for tuber crops, construction of furrow dam, frost heave research, furrow and ridge tillage with furrow dam after tuber crop harvest, limited stalk harvest of row crops, use of winter cover crops, and other common best management practices were recommended to minimize the sediment discharge from a high plateau sloping land culture.

Keyword : Runoff plot, Tillage, Sediment, Sloping field, Residue cover, Best management practices

서 론

토양은 인류의 식량을 공급하는 생산기지 일 뿐만 아니라 오염물의 정화, 수자원 함양, 홍수조절, 지하수 보전 장소로서 매우 중요하다. 토양의 부적절한 관리는 토양의 질과 기능을 악화시킨다. 토양의 질 저하에 따른 문제 중의 하나는 경사농지의 토양유실이다. 경사농지의 토양유실은 강우강도와 지속시간, 경사 및 경사장, 토성, 토양관리, 영농관리방법 등에 따라 다르다.

강원도의 고랭지 경사농지에서는 채소, 산채, 화훼 등 저온성 발농업이 많이 이루어진다. 토양보전개념이 부족한 전통적인 발농업에서는 강우시 지표유출과 함께 많은 토양이 유실된다. 토양의 질 유지에 필수요소인 영양염류 및 유기물도 토양의 유실과 함께 우선적으로 유실되므로 경사농지의 토양의 질은 악화되기 쉽다. 부족한 토양의 질과 생산성을 높이기 위하여 많은 양의 유

기 및 화학비료가 사용되지만 강우가 있으면 상당량의 유기 및 화학비료는 작물에 이용되지 못하고 유실된다. 유실된 토양 및 유기물은 인근 수계로 유입되어 대양으로 배수될 때까지 수질을 악화시킨다. 농업을 비롯한 많은 지역에서 발생하는 비점원 오염의 양은 매우 커서 총오염원 대비 SS는 54.7%, BOD는 16.1%, T-P는 26.2% 그리고 T-N은 50.4%로 나타났다.¹⁾ 따라서, 고랭지 경사농지의 생산성을 유지할 수 있으면서도 비점원 오염물질의 배출을 최소화할 수 있는 최적영농방법의 개발이 요구되고 있다.

Choi²⁾는 경운방법이 건조밀도와 포화도 등의 토양의 질에 미치는 영향을 발표하였다. 최중대^{3,4,5)}는 농경지 배출수가 통과하는 초지에서의 지표면 흐름을 이론과 실험적으로 모델링하여 유출과 함께 배출되는 부유물질 등의 거름효과를 기술하여 초지의 자정효과를 연구하였다. Choi and Choi⁶⁾, 최중대⁷⁾은 목초용 초지와 경사지 방목지의 강우시 유출수의 수질 및 지하수 수질의 변화를

보고하였다. 강원도 고랭지 경사농지의 토양의 질 저하와 토양유실로 인한 수질오염을 방지하기 위한 연구에서 최중대⁹⁾는 산지에서 환경보전형 농업과 토양의 질 평가를 위한 모니터링 시스템을 구축하고 기초자료를 수집하였으며, 윤세영⁹⁾는 토양의 질과 관련된 대관령 고랭지 토양의 토양미생물상을 조사하고 발표하였다. 또한 최중대 등¹⁰⁾은 고랭지 경사시험포에서 수집한 경운방법과 관리방법에 따른 토양의 물리적 특성과 유사자료를 분석하여 발표하였다. 농업유역의 모델링과 모니터링을 이용한 농업과 수질과의 관계를 구명하기 위한 연구에서 Choi¹¹⁾는 EPIC을 이용하여 유출량과 수질을 예측한 논문을 그리고 최중대¹²⁾는 강원도 농업소유역의 수질의 변화를 모니터링하여 발표하였다.

이상의 연구들은 주로 작부체계와 관계가 약한 유역단위나 경지단위의 연구로서 경운방법, 지표피복방법, 시비방법 등에 따른 오염물 배출량의 비교연구는 이루어지지 못했다. 고랭지 경사농경지의 유사량 최소화를 위한 최적관리방법을 개발하기 위해서는 다양한 시험포를 설치하고 영농관리방법을 달리하며 유사량을 장기간 측정하는 실험과 자료가 필요하다. 따라서 본 연구는 강원도 고랭지 경사농경지에 시험포를 설치하고 장기간의 유사량을 측정하고 분석하여 유사량을 최소화하기 위한 최적관리방법을 개발 혹은 제안하기 위한 목적으로 수행되었다. 본 연구의 결과는 강원도의 고랭지 경사농경지뿐만 아니라 우리나라 경사농경지의 유사량을 최소화하기 위한 최적관리방법의 개발에 유용한 자료로 이용될 수 있다.

연구 방법

산지 농업을 대표할 수 있는 시험포를 선정하기 위하여 대관령 부근의 고랭지 농업시험장의 작물포장을 선정하였다. 대관령 작물포장의 크기는 장방향으로 가로 약 25 m 세로 60 m로 1,500 m²(454 평) 정도이다. 작물포장에 유출시험포(가로 3 m, 세로 15 m) 11개를 설치하였다. 시험포의 경사($\tan \theta$)는 0.119 (6.8°)에서 0.133 (7.6°) 정도였고 해발표고는 900 m 전후로 고랭지 산지 농경지의 특성을 지니고 있다. 시험포의 토양은 粒團구조의 점토질 토양으로는 수문학적 특성이 양호하여 우수의 토양침투량이 비교적 높고 영양염의 흡착능이 좋아 작물생산에 비교적 좋은 토양조건을 지니고 있다.

유출시험포 11개는 감자용 5개 그리고 옥수수용 6개로 구분하였다. 시험포는 경운방법, 비료사용방법 및 지표피복방법 등의 실험처리를 했으며 시험포의 실험처리는 Table 1에 요약하였다. 유출시험포의 자세한 내용은 최중대⁹⁾에 기술되었다.

시험포의 하단부에는 유출되는 토양을 포집할 수 있는 시설을 설치하고 강우시 혹은 일정한 기간마다 유출되는 유사량을 1997년부터 3년 동안 측정하였다. 유사량은 포집시설에서 상등수를 제거한 후 대기중과 오븐에서 건조하여 무게를 측정하였다. 강우시 및 해빙시의 시험포의 토양조건, 수리조건, 유출수의 흐름상태와 토양유실 등을 면밀히 관찰하여 토양이 유실되는 현상을 파악하였다. 강우량은 시험포에서 약 200 m 정도에 위치한 농촌진흥청 고랭지농업시험장 우량관측소 자료를 이용하였다.

Table 1. Summarized experimental plot treatments

Plot No.	Crop	Fertilizer	Tillage	Residue
1	Corn	Chemical	Contour	0 %
2	Corn	Chemical+Organic	Contour	0 %
3	Corn	Organic	Contour	0 %
4	Corn	Chemical+Organic	No-till	100%
5	Corn	Chemical+Organic	Up and down	0 %
6	Corn	Chemical	No-till	80%
7	Potato	Chemical	Contour	0 %
8	Potato	Chemical+Organic	Contour	0 %
9	Potato	Organic	Contour	0 %
10	Potato	Chemical+Organic	Up and down	0 %
11	Potato	Chemical+Organic	Contour	Black vinyl film mulching 80%

결과 및 고찰

옥수수 시험포의 유사량은 Table 2에 정리하였다. 무경운과 옥수수대로 80~100% 피복처리된 4번과 6번 시험포에서는 유사량이 가장 작았으며 등고선과 직각방향(up and down)으로 경운한 5번 시험포에서는 유사량이 가장 많이 배출되었다. 등고선과 평행한 방향으로 경운한 1, 2, 3번 시험포의 유사량은 전반적으로 비슷하였다. 등고선에 직각방향과 평행방향으로 경운한 시험포의 유사량은 무경운 및 지표피복된 시험포에 비하여 단기간 측정시 200배 이상 많이 나타날 정도로 토양유실이 심하였다. 특히 가을 추수 후 지표가 교란된 상태에서 태풍으로 인한 집중호우가 내릴 경우는 약 15일 사이에 최대 10톤/ha의 표토가 유실(시험포 5)되는 것으로 나타났다. 유사량의 크기는 토성, 강우강도 및 지속시간, 경사도 및 경사장에 많은 영향을 받는다. 본 연구에서 조성한 시험포의 표토는 토양유실이 비교적 작은 실트질 점토이고 비교적 완만한 경사(6.8°~7.6°)에 경사장도 15 m에 불과한 점을 고려해 보면 10톤/ha의 유사량은 매우 크다. 무경운에 옥수수대로 80~100% 피복처리된 옥수수 시험포의 연유사량은 0.1~2.2 ton/ha/year, 등고선에 평행으로 경운한 시험포는 10~27 ton/ha/year 그리고 등고선에 직각으로 경운한 시험포는 11~33 ton/ha/year으로 나타났다. 고랭지 경사농경지의 경사가 보통 20°~35°로 가파르고 경사장도 30~40 m에 이르며 토양유실이 용이한 사질토나 미사질토양으로 구성되어 있기 때문에 이들 경사농지로부터의 유사량은 매우 클 것으로 예상된다.

감자 시험포의 유사유출량은 Table 3에 정리하였다. 11번 시험포는 검은색 비닐로 피복한 시험포로 유사량이 가장 작았다. 반면에 10번 시험포는 등고선과 직각방향(up and down)으로 경운한 시험포로 유사량이 가장 많이 배출되었다. 감자시험포의 유사량은 옥수수 시험포와 다소 차이는 있지만 경운방법별, 지표피복여부별로 비교적 비슷한 양상을 보였다. 지표가 농업부산물인 볏짚이나 옥수수대로 피복되거나 비닐 등의 인공재료로 피복되어 지표가 강우에너지로부터 보호되었을 때 유사량이 가장 낮게 나타났다. 감자시험포의 15일 최대 유사량은 옥수수 시험포보다 다

Table 2. Measured sediment from corn plots

Measuring period	Rainfall (mm)	Plot Number					
		1	2	3	4	5	6
4.13~6.3	272	603	766	526	313	1,555	149
6.4~6.26	71	134	123	146	87	112	70
6.27~7.22	205	1	1	0	0	1	0
97 7.23~8.6	68	93	45	13	77	89	73
8.20~9.3	32	10	12	5	1	20	12
9.4~9.11	15	1	1	1	0	5	1
9.12~9.27	142	0	1	0	6	291	0
5.8~6.3	199	838	706	636	256	927	256
6.4~6.25	319	3,639	2,645	2,594	961	6,638	932
98 6.26~7.2	96	182	317	265	186	639	112
8.11~8.17	128	688	515	521	561	1,420	442
8.18~9.27	114	436	367	476	168	1,231	126
9.28~10.13	476	34,046	29,767	30,034	9,930	49,989	7,820
1.01~4.24	259	na ¹⁾	69,000	40,000	5,000	na	2,000
4.25~5.4	60	0	0	0	0	0	0
99 8.2~8.4	283	1,470	1,920	1,805	0	4,930	1,315
8.5~8.20	153	175	225	130	0	430	130
8.21~10.12	724	760	49,000	36,000	320	70,000	800

1) na : not available

Table 3. Measured sediment from potato plots

Measuring period	Rainfall (mm)	Plot Number				
		7	8	9	10	11
4.13~6.3	272	555	464	631	723	428
6.4~6.26	71	215	147	137	368	78
6.27~7.22	205	0	0	0	1	0
97 7.23~8.6	68	46	72	108	114	24
8.20~9.3	32	11	16	14	44	10
9.4~9.11	15	1	0	0	1	0
9.12~9.27	142	2	2	1	2	0
5.8~6.3	199	1,106	1,058	986	9,096	1
6.4~6.25	319	4,013	3,613	3,601	11,631	403
98 6.26~7.2	96	204	297	263	200	431
8.11~8.17	128	568	524	563	486	169
8.18~9.27	114	566	383	447	355	234
9.28~10.13	476	30,026	29,974	29,971	45,034	1,517
1.01~4.24	259	15,000	42,000	21,000	73,000	na ¹⁾
4.25~5.4	60	0	0	0	0	0
99 8.2~8.4	283	0	405	300	9,410	0
8.5~8.20	153	0	0	0	960	90
8.21~10.12	724	10,000	17,000	20,000	26,000	1,800

1) na : not available

소 많은 11 ton/ha로 나타났다. 감자시험포의 연유사량은 비닐피복시험포에서 0.1~0.2 ton/ha/year, 등고선에 평행으로 경운한 시험포에서 16~24 ton/ha/year 그리고 등고선에 직각으로 경운한 시험포에서 16~31 ton/ha/year으로 측정되었다. 비닐피복 시험포의 경우 비닐을 제거한 후 비가 내리면 토양유실은 다른 시험포와 동일하게 일어나므로 우리나라의 경우 가을 태풍이 지난 후 비닐을 제거하고 수확하는 것이 토양보전면에서는 바람직하다. 경지규모와 경사도가 큰 고랭지 경사농경지의 유사량은 본 연구에서 측정된 유사량보다 상당히 많을 것으로 예측된다. 감자는 재배 특성상 토양이 많이 교란되므로 강우시 토양유실에 옥수수보다는 취약한 것으로 예상되었으나 감자시험포의 연유사량은 옥수수 시험포보다 다소 작은 경향을 보였다. 이는 감자시험포의 경사도가 옥수수 시험포의 경사도보다는 다소 완만하였고 강우시 이랑의 붕괴가 옥수수 시험포보다는 작았기 때문인 것으로 생각된다. 비닐로 피복한 감자시험포의 유사량은 매우 작아 비닐피복은 토양 및 영양염류의 유실방지에 많은 기여를 하는 것으로 나타났다. 특히 고랭지 경사가 심한 밭일수록 비닐피복재배는 토양 유실방지를 위한 재배방법으로 타당성이 있는 것으로 나타났다. 작물재배 후 폐비닐의 경제적인 수거와 재활용 방법이 개발된다면 비닐피복감자재배는 고랭지 경사농경지의 최적영농방법의 한 방법으로 추천될 수 있을 것이다.

옥수수와 감자 시험포의 유사량은 주로 등고선에 평행 혹은 등고선에 직각으로 경운하는가 하는 경운방법과 비닐 혹은 옥수수대 등을 이용한 지표피복방법에 따라 매우 큰 차이를 나타냈다. 그러나 실험처리의 하나였던 화학비료와 유기비료의 차이에 의한

유사량의 증감은 나타나지 않은 것으로 나타났다. 이는 경운방법과 지표피복의 영향이 비료의 종류에 의한 영향에 비하여 상대적으로 크기 때문인 것으로 생각되었다.

시험포의 유사 발생, 운반 및 퇴적 등의 역학을 장기간 관찰한 결과 경사농경지의 유사발생에 영향을 미치는 인자들의 일부를 구명할 수 있었다. 등고선에 직각방향으로 경운하고 고랑과 이랑을 설치한 시험포의 경우 작은 비에도 이랑사면에서 유출과 함께 토양유실이 발생하고 유출량과 유사량은 하류로 가면서 증가하여 상당히 큰 린(rill)을 형성할 정도로 유사량을 증가시켰다. 따라서 경사농경지의 경운은 반드시 등고선에 평행한 방향으로 경운을 하고 고랑과 이랑을 만드는 영농법을 채택하는 것이 좋을 것이다.

등고선에 평행하게 고랑과 이랑을 만들고 작물을 재배하는 경우 유사량의 상당부분은 이랑이 붕괴되면서 발생하였다. 시험포의 상단부에서 이랑이 붕괴되면서 고랑에 고여있던 물이 한꺼번에 유출되어 하단부의 이랑들이 연쇄적으로 붕괴되며 토양유실이론으로는 설명할 수 없을 정도의 많은 유사 발생하였다. 이랑의 높이를 높여서 강우유출수가 고랑에 고여 있으면서 지하로 침투하게 하는 방법이나 고랑에 일정한 간격으로 격벽(furrow dam)을 설치하여 고랑이 터지더라도 한꺼번에 많은 양의 물이 유출되어 하단부의 이랑을 연쇄붕괴시키는 현상을 최소화할 필요가 있다. 고랑사이 격벽의 설치는 경사농경지의 절리(gully)형성방지에 반드시 필요할 것으로 사료된다. 선진국의 경우 경사농경지에서는 경운하며 격벽을 설치할 수 있는 경운장비가 개발되어 사용되고 있으므로 우리나라에서도 이와 같은 기능을 가진 경운

장비를 개발하여 사용해야 할 것으로 생각된다. 강우시 고랑에 물이 고이면서 이랑의 사면에서 유실된 작은 토립자가 침전하여 고랑의 침투능을 현격히 저하시키고 저류량을 증대시켜 고랑붕괴의 원인으로 나타났다. 이랑사면의 유실방지과 고랑 침투능 증대 방법의 개발은 경사농경지의 토양유실방지에 중요한 인자가 될 것이다. Table 2와 3에서 시험포 사이에서 측정된 유사량 차이가 매우 큰 이유와 등고선에 평행하게 경운한 시험포와 직각으로 경운한 시험포의 연유사량의 차이가 작은 이유는 이랑의 붕괴여부와 밀접한 관계가 있다.

고랭지 농경지의 유사량은 이른 봄 해빙기에 상당히 많이 일어나는 것으로 관측되었다. 겨울에 쌓였던 눈이 일시에 녹으면서 유출이 발생한다. 땅속은 결빙되어 있는 상태이므로 지하침투가 없기 때문에 유출량은 더욱 많아진다. 해빙된 지표는 늦가을에 발생한 동상(frost heave)의 영향으로 매우 연약하기 때문에 많은 유사가 발생한다. 고농도의 유사(1000 mg/l 이상)를 포함한 유출수는 경지주변의 완충지(숲)를 약 50 m 통과하면서 정화되어 주변하천으로 유입될 때는 총부유물질(TSS) 20 mg/l 이하로 맑아져 완충지의 역할이 돋보였다.

눈으로 피복되지 않은 경지는 바람에 의해서도 상당히 많이 유실된다. 동상의 영향으로 표토가 매우 연약하고 건조하여 있기 때문에 약한 바람에도 많은 양의 풍식(wind erosion) 발생하였다. 고랭지 경사농경지의 수식(water erosion)과 풍식을 최소화하기 위해서 지표는 반드시 보호물질로 피복이 되어야 한다. 옥수수의 경우 수확시 일정한 높이(50 cm 정도)의 옥수수대를 지상에 남기고 수확하는 방법은 풍식방지에 많은 기여를 할 것으로 예측되었다. 또한 동상의 발생을 최소화할 수 있는 토양관리방법이 필요하다. 경지외에서 유입하는 유출수를 배제할 수 있는 송수로의 설치도 경지의 토양유실과 걸리생성을 억제할 수 있다. 가을 추수후 호밀과 같은 겨울작물의 재배(winter cover crop)는 동절기의 풍식과 수식을 최소화할 수 있는 방법으로 나타났다. 겨울작물의 재배는 충분히 일찍 파종하여 겨울이 오기 전에 충분한 지표피복이 이루어질 수 있어야 토양유실방지 효과가 좋은 것으로 나타났다.

대관령 고랭지와 같은 바람이 심한 경사농경지를 옥수수나 벧짐으로 안정적으로 피복하기는 쉽지 않다. 따라서 지표피복물질은 새끼줄과 같은 분해성 끈으로 고정을 해줄 필요가 있다. 옥수수대로 피복한 무경운 옥수수 시험포의 경우 지표피복물질은 약 1년후 토양과 잘 혼합(incorporation)되어 심한 바람이 불어도 거의 날아가지 않았다. 따라서 옥수수나 콩과 같은 알곡을 생산하는 밭은 무경운 재배가 생산성을 유지할 수 있으면서도 유사를 비롯한 비점원 오염물질의 배출을 최소화할 수 있는 고랭지 경사농경지의 최적관리방법으로 보급될 필요가 있다. 외국의 경우 무경운 재배가 토지생산성이나 농가소득에서 관행적인 방법에 비해 뒤지지 않는다¹³⁾¹⁴⁾. 환경친화농업으로 인한 농업순실이 발생한 경우는 미국의 경우 연방정부에서 보조를 해주는 제도가 있으므로 필요하다면 우리나라도 이와 같은 제도를 도입할 필요가 있다.

감자와 같은 구근작물을 재배하는 경우는 파종과 수확시 토양

이 교란된다. 파종과 수확 후에 큰 비가 내리면 상당히 많은 유사와 영양염류 및 토양유기물이 배출된다. 특히 우리나라의 강우 특성상 구근작물의 수확후 태풍에 의한 강우가 많이 발생하며 이때 많은 양의 유사가 발생하는 것으로 관측되었다. 따라서 작물을 태풍이 지나간 후에 수확하도록 하는 정책이나 수확후 토양을 보호할 수 있는 대책이 필요하다. 감자와 같은 경우는 수확과 동시에 고랑과 이랑을 만들며 고랑에는 일정한 간격으로 격벽을 설치하는 방법이나 혹은 트랙터로 지표를 다지는 방법 등이 유사발생을 억제하는 방법으로 사용될 수 있을 것이다.

결론

우리나라의 고랭지 농업을 대표할 수 있는 강원도 고랭지 경사농경지에 유출시험포를 설치하고 경운방법, 지표피복방법, 비료 사용방법 등의 실험처리에 따른 유사량을 3년 동안 측정하고 분석하였다. 실험자료와 고랭지 경사농경지 관측을 통하여 토지의 생산성은 유지할 수 있으면서 유사량을 최소화할 수 있는 최적관리방법을 제안하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 무경운에 100% 지표피복 처리된 옥수수 시험포와 비닐로 멀칭한 감자 시험포에서 가장 작은 유사가 발생하였다. 최대의 유사는 등고선과 직각방향으로 경운한 시험포에서 발생하였다.
2. 등고선과 평행한 방향으로 경운한 시험포의 유사량은 이랑의 붕괴여부와 밀접한 관계를 가지고 있었다. 이랑이 일시에 붕괴될 경우 논리적으로 설명할 수 없는 많은 유사가 발생하였다. 이랑의 붕괴를 최소화 할 수 있는 고랑격벽(furrow dam)의 설치가 제안되었다.
3. 화학비료와 유기비료 처리 시험포 사이의 유사배출량의 차이는 관측되지 않았다.
4. 무경운에 100% 지표피복 처리된 옥수수 시험포의 연유사량은 0.1~2.2 ton/ha/year, 등고선에 평행으로 경운한 시험포는 10~27 ton/ha/year, 그리고 등고선에 직각으로 경운한 시험포는 11~33 ton/ha/year으로 나타났다.
5. 감자 시험포의 연유사량은 비닐피복 시험포에서 0.1~0.2 ton/ha/year, 등고선에 평행으로 경운한 시험포에서 16~24 ton/ha/year, 그리고 등고선에 직각으로 경운한 시험포에서 16~31 ton/ha/year으로 측정되었다.
6. 파종이나 수확 후에 큰 비가 내리면 많은 양의 유사가 발생하였다. 감자는 수확시 고랑과 이랑을 만들고 고랑에는 격벽을 설치하여 유출과 유사발생을 줄이고, 옥수수는 지면에서 일정한 높이 이상만 수확하여 지면의 교란을 최소화하는 영농방법이 유사의 양을 줄일 수 있는 방법으로 제안되었다.
7. 동절기 풍식과 눈녹은 물에 의한 수식을 최소화하기 위하여 동상방지대책의 개발이 필요한 것으로 나타났다. 고랭지 경사농경지의 최적관리방법으로 무경운 영농, 지표피복, 고랑격벽의 설치를 통한 이랑붕괴의 최소화, 송수로의 설치, 완충지의 설치, 동상방지방법의 개발, 겨울작물의 재배 등이 제안되었다.

요 약

강원도 고랭지 경사 농경지에서의 유사량을 최소화하기 위한 최적영농방법 제안을 위하여 대관령 부근의 고랭지 농업시험장의 작물포장을 선정, 설치하였다. 가로 25m 세로 60m로 장방형 면적에 유출시험포 11개를 설치하고 경운방법, 지표피복 및 시비방법을 달리하며 3년동안 유사량을 조사하였다. 무경운에 100% 지표피복 처리된 옥수수 시험포와 비닐로 멀칭한 감자 시험포에서 가장 작은 유사가 발생하였다. 최대의 유사는 등고선과 직각방향으로 경운한 시험포에서 발생하였다. 무경운에 100% 지표피복 처리된 옥수수 시험포의 연유사량은 0.1~2.2 ton/ha/year, 등고선에 평행으로 경운한 시험포는 10~27 ton/ha/year, 그리고 등고선에 직각으로 경운한 시험포는 11~33 ton/ha/year으로 나타났다. 감자 시험포의 연유사량은 비닐피복 시험포에서 0.1~0.2 ton/ha/year, 등고선에 평행으로 경운한 시험포에서 16~24 ton/ha/year, 그리고 등고선에 직각으로 경운한 시험포에서 16~31 ton/ha/year으로 측정되었다. 파종이나 수확 후에 큰 비가 내리면 많은 양의 유사가 발생하였다. 감자는 수확 시 고랑과 이랑을 만들고 고랑에는 격벽을 설치하고 옥수수는 지면에서 일정한 높이 이상만 수확하여 유사의 양을 줄일 수 있는 방법이 제안되었다. 또한 동절기 풍식과 눈 녹은 물에 의한 수식을 최소화하기 위하여 동상방지대책의 개발이 필요한 것으로 나타났다. 고랭지 경사농경지의 최적관리방법으로 무경운 영농, 지표피복, 고랑격벽의 설치를 통한 이랑붕괴의 최소화, 승수로의 설치, 완충지의 설치, 동상방지방법의 개발, 겨울작물의 재배 등이 제안되었다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 학술진흥재단 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

1. 환경부, 1995. 비점오염원 조사연구사업 보고서.
2. Choi, J.D. 1992. Effect of Intervening Land Use on Runoff Quality. A Ph.D. Dissertation, University of Maryland at College Park, MD, USA.
3. Choi, J.D., A. Shirmohammadi, N.H. Ryu and Y.H. Choi. 1992. Effect of Tillage on Nonpoint Source Pollution of

- Surface and Ground Water System (1): Effect of Tillage Practices on Density and Saturation of Soil. J. of the KSAE (한국농공학회지 영문판), Vol. 34(English Ed.):1-11.
4. 최중대, W.L. Magette, 최예환, 유능환. 1993a. 초지의 지표면 흐름을 추적하기 위한 Kinematic Wave Model의 개발 (I): 이론 Model의 개발. 한국농공학회지 Vol. 35 (No. 2): 57-64.
 5. 최중대, W.L. Magette, 최예환, 유능환. 1993b. 초지의 지표면 흐름을 추적하기 위한 Kinematic Wave Model의 개발 (II): 포장실험과 모델. 한국농공학회지 Vol. 35 (No. 3): 74-80.
 6. Choi, J.D. and Y.E. Choi. 1995. Effect of Farming Practices on Water Quality. J. of the KSAE (한국농공학회지 영문판), Vol. 37(English Ed.): 63-71.
 7. 최중대, 최예환, 김기성. 1995. 방목지와 초지의 지표수와 지하수 수질 특성. 한국수자원학회지 Vol. 28(3): 175-186.
 8. 최중대, 김정제, 정진철. 1997. 산지에서 환경보전형 농업을 위한 토양의 질 평가 - 모니터링 시스템의 구축과 기초자료의 수집. 한국농공학회지 Vol. 39(2): 113-123.
 9. 윤세영, 김정제, 양재의, 정영삼, 최중대. 1997. 대관령 고랭지 토양의 토양미생물상 조사. 한국토양비료학회지 Vol. 30(1): 94-98.
 10. 최중대, 김정제, 양재의, 정진철, 윤세영. 1998. 산지에서의 환경보전형 농업을 위한 토양의 질 평가 - 토양의 물리적 특성과 유사자료 수집. 한국농공학회지 Vol. 40(4): 85-93.
 11. Choi, J.D., B.A. Engel, V.R. Tolbert, B.R. Bock, F.C. Thornton, D. Petry, S. Schoenholts. 1999. Feasibility of EPIC to Assess Long-Term Water Quality Impacts for a Fast Growing Cottonwood Bioenergy Crop. 한국관개배수위원회 논문집 Vol. 6(1): 20-30.
 12. 최중대, 이찬만, 최예환. 1999. 토지이용이 농업소유역의 수질에 미치는 영향. 한국수자원학회지 Vol. 32(4): 501-510.
 13. EPA. 1991. Nonpoint Source Watershed Workshop - NPS Solutions. EPA/625/4-91/027.
 14. Gale J.A., D.A. Line, D.L. Osmond, S.W. Coffey, J. Spooner, J.A. Arnold, T.J. Hoban, R.C. Wimberly. 1993. Evaluation of the Experimental Rural Clean Water Program. A National Water Quality Evaluation Project Report, NCSU Water Quality Group, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695.