

고랭지 경사전 산채류 재배에 의한 토양 유실 저감 평가

주진호* · 김수정

강원대학교 농업생명과학대학 자원생물환경학과

Evaluation of Soil Management Practices Using Wild Edible Greens for Reduction of Soil Erosion in Highland

Jin Ho Joo,* and Su-Jung Kim

Department of Biological Environment, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

Highland regions for farming are generally located in slopes higher than 7%, where alpine farming systems rely on highly input agriculture management with great amounts of chemical fertilizer and/or compost. Most of the uplands is thus needed to maintain environmentally friendly soil management due to its impact on soil erosion and runoff during heavy rainfall season. Therefore, the objective of this research is to evaluate the effect of reduction of soil erosion by applying four wild edible greens (fatsia, goat beard, leopard plant, and aster). The lysimeter experiment of slope gradients of 15, 30, and 45% was conducted in an alpine region of Hoengkye, Kangwon, in 2005 and 2006. In 2005, both amounts of soil loss from the experiment plots cultivated with goat beard and aster were lower than one with Chinese cabbage by about 50%. The amounts of runoff of goat beard and aster plots were also lower than those of the others. An increase in the slope gradients was accompanied with an increase in runoff. Of the plots of slope gradient of 15, 30, and 45%, S of goat beard plots was 52.50, 108.33, and 171.50 kg, respectively. Soil loss of Chinese cabbage was 2 to 3 times as high as those of goat beard plots. These results suggest that goat beard and aster plants with minimum tillage reduce soil erosion compared to Chinese cabbage cultivation.

Key words: Highland, Cover crop, Runoff, Soil erosion, Soil loss, Wild edible greens

서 언

우리나라의 총경지 면적(740,000 ha) 중 경사도 7% 이상의 고랭지 면적이 차지하는 비율은 약 62% (NIAST, 1992)이다. 이들 지역은 여름철 우기의 높은 강우량과 함께 매년 밭토양의 약 20 Mg ha⁻¹이 유실되며(Yang and Jung, 2004), 또한 토양 표층의 유용 영양분을 포함하고 있으므로 지력 손실 외에도 하천 유역의 비점오염원으로 작용하는 것으로 알려져 있다(Joo et al., 2004; Park, 2002a, b). 특히 강원도는 경사도 40%를 상회하는 지역이 많으며 전국 고랭지 면적의 약 79%를 차지한다(NIHA, 2002).

강원도 고랭지 지대의 주요 밭작물은 여름채소가 16,561 ha로 가장 많고(이중 배추 42%), 여름감자(4,656 ha), 약초(1,790 ha), 화훼류(203 ha) 순이다. 특히 채소 재배면적은 표고 400m이하 지역까지 무·배추 면적이 급격히 증가하는 경향을 보이므로 배추 수확이후에서

여름까지 밭토양이 나지로 노출되어 여름철 우기에 토양유실로 인한 탁수에 지대한 영향을 미치므로 대체작목 개발이 시급한 실정이다(GAES, 2007).

최근 국민소득 증가와 함께 식생활 패턴이 변하여 산채 수요가 급증하여 재배적 관심이 높아지고 있다. 강원도의 경우 매년 6.7%씩 면적이 증가되어 2006년도 기준 2,200 ha에 이르고 있는 고랭지배추보다 소득이 높고 가격이 매우 안정적으로 성장작목으로 평가받고 있다(GAES, 2007).

고랭지농업의 안정적 생산기반 확충과 경사도에 따른 토양유실 방지를 위하여 식생을 통한 지형적 특성을 조절하는 경작방법의 예로 등고선재배, 등고선대상재배, 승수로설치재배 등 많은 연구가 수행되고 있으나 막대한 기반조성비에 비해 효율성이 낮고, 농작업의 불편성 등 실용화가 다소 미흡한 실정에 있을 뿐만 아니라 광범위 하게 분포되어 있는 고랭지 지역에 적용하기에는 많은 어려움이 있다.

앞으로의 농업은 수탈적 농법을 탈피하여 환경과 친화적이면서 개발과 보전이 조화로운 지속가능한 농업

접수 : 2007. 10. 18 수리 : 2007. 11. 20
*연락처 : Phone: +82332506448,
E-mail: jhjo@kangwon.ac.kr

을 실천하기 위해 토양 및 물 보전을 위한 최적영농관리방안으로 초생대와 피복 등이 대안으로 작용할 수 있다(Kim et al., 2006; Yang et al., 2001). 또한 겨울철 피복작물과 최소한의 경운은 식물체가 자라는 동안 토양 표면을 덮을 수 있으며, 최소한 경운을 통한 식물체 잔유물에 의해 토양유실을 감소시킬 수 있다고 한다(Morgan, 2005). 고랭지에서 겨울철 피복작물로 호밀(ryegrass, *Lolium multiflorum*)을 이용한 최소한의 경운은 약 96%까지 토양 유실을 감소시켰고 그 결과 토양의 비옥도 및 양분을 유지시켜 배추의 수량을 향상시켰다(Kim et al., 2007).

따라서 본 실험은 고랭지 경사전의 친환경적이고 지속가능한 농법의 시도를 위하여 배추보다 수익성이 높은 산채류를 이용하여 그루더기 피복(stubble mulching) 최소경운에 의한 토양유실 방지 및 지력을 유지하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

Lysimeter 시험 고랭지 경사전 산채류 재배에 의한 시험 장소는 강원도 횡성군 둔내면 소재 포장이며 표고는 600 m 이다. 이 포장은 목초 생산을 위해 산을 개간하여 만든 경사지로 시험 포장 경사도는 각각 15%, 30%, 45%이다. 재배작물을 살펴보면, 2005과 2006년 모두 강원도 고랭지에서 성행하고 있는 배추(Chinese cabbage; *Brassica rapa* var. *glabra* Regel)를 포함하여 강원도 고랭지 대표적 산채인 두릅(*fatsia*; *Aralia elata* Seem.), 눈개승마(goat beard; *Aruncus americanus* Rafin.), 곰취(leopard plant; *Ligularia fischeri* Turcz.), 참취(aster; *Aster scaber* Thunb.)를 공시 재료로 하였다. 배추 및 산채류는 각각 2005년 6월 1일, 2006년 6월 8일에 정식하였다. 재식 거리는 배추 60 × 40, 참취 20 × 10, 곰취 30 × 20, 눈개승마 30 × 20, 두릅 100 × 50cm로 하였으며 이는 작목별 관행방법에 준하여 적용한 것이다. 각각의 경사도에 5개의 공시작물을 포함, 총 15개의 분리구를 조성하여 토양의 유실과 그 이화학적 특성 및 유출수에 미치는 영향을 조사하였다. 포장의 크기는 가로 4 m × 세로 12 m로 조성 하였으며, 테두리는 폭 30 cm의 PVF 선라이트를 사용하여 15 cm는 토양에 묻고 15 cm는 노출시켜 조성하였다. 각 시험구의 끝에 함석을 설치하고 선라이트와 만나도록 하여 유거수 모음장치(lysimeter)를 설치하였다. 한 곳으로 집중된 유거수와 유출 토사는 1,000 L 수집탱크에 저장되도록 한 후 채취하였다.

토양 특성 분석 토양의 특성 분석을 위해 plot의 위, 중간, 아래 부분에서 각각 시료를 채취하여 오염

되지 않은 깨끗한 비닐 백에 넣어서 실험실로 운반하여 풍건하였다. 풍건한 토양은 2 mm 체로 쳐서 자갈을 분리하였으며 시료의 입경분포는 비중계법을 이용하여 측정하였고, 토양의 화학성은 pH, EC, 질산태질소(NO_3^- -N), 암모늄태질소(NH_4^+ -N), 총인(P_2O_5), 치환성양이온 등을 토양화학분석법에 준하여 실시하였다(NIAST, 2000). pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5으로 하여 이온전극법으로 측정하였다. 유기물 함량은 Walkley-Black법을 이용하였으며, 치환성양이온은 1M NH_4OAc (pH 7.0) 용액을 이용하여 추출한 후 원자흡수분광광도계(AAS, Atomic absorption Spectrophotometer; Perkin-Elmer 2380)로 측정하였다.

유출수질 분석 유출수는 1000 L의 수집탱크에 시험구으로부터 유거된 유실시험포장 유거수로 단일요인에 대한 유거량을 조사하여 시험기간 동안의 양을 합산하여 전체 유출수량을 산정하였다. 그리고 유출률은 같은 기간 동안의 춘천기상대에서 관측된 강수량 자료를 이용하여 유출률을 계산하였다. 수질 분석을 위한 유출수는 1.5 L 수질시료 채취병에 담아서 ice 박스에 넣어 실험실로 운반하였다. 유출수의 수질은 운반 즉시 pH, EC, 총질소(T-N), 총인(T-P) 등을 분석하였다. pH와 EC는 초자전극을 이용하여 측정하였고, T-N은 킬달장치로, 인산은 몰리브덴청법으로 공정시험방법을 이용하여 정량하였다(Dong Hwa Tech., 2007).

유출토사 화학성 분석 유출토사는 유거수와 함께 이동한 것으로 수집탱크에 저장되게 된다. 수집탱크에서 수질 분석용 물을 채취하고, 남아 있는 물을 교란이 되지 않도록 조심스럽게 제거한 후, 바닥에 가라앉아 있는 토사를 채취하여 채취병에 담아서 실험실로 운반하였다. 운반해온 토사는 말려서 무게를 재서 토양 유실량으로 평가하고, 2 mm 체로 쳐서 자갈과 토양을 분리하여 시료의 입경분포를 비중계법으로 결정하였고, 유출토양의 화학적 특성은 pH, EC, 유기물 함량, 화학성분 함량 등을 토양화학분석법에 준하여 포장토양의 분석법과 동일하게 수행되었다(NIAST, 2000).

결과 및 고찰

포장토양 특성 Table 1과 2는 시험 전 토양과 2006년 작물을 재배하고 강우에 의한 토사 유출발생 시험이 끝난 후에 토양시료를 각각 채취하여 분석한 토양의 특성을 나타낸 것이다. 토양의 유기물은 약 2%의 낮은 함량을 보였는데 이것은 자갈과 모래 성분이 많은 사양토를 객토로 사용하는 지대에서 포장

을 조성하여 시험이 이루어졌기 때문으로 생각된다. 시험 전에 채취한 토양의 화학성은 처리구간에 크게 차이가 없어 평균값으로 표시하였다. 시험 후토양의 화학적 변화는 시험 전과 비교하여 크게 차이가 없었으나, 총질소의 함량이 증가하는 것으로 분석되었다. Lysimeter 실험포장의 토성 분석 결과 일부 시험구는 양질사토의 토성을 보인 반면 대부분 시험구에서 토성은 사양토로 나타났다. 이들 시험구에서 sand 함량이 70% 이상으로 함량이 높았다. 이것은 이지역이 산림지대를 개간하였고, 모재성토로 객토를 하였기 때문에 sand의 함량이 높은 것으로 사료된다. 시험 포장 토양의 화학적 특성 분석 결과로 pH는 6.6~7.3 범위 내에 있어 차이가 나지 않는 것으로 판단되었다. EC는 전체 평균이 30.8 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 이고, 12.5~57.5 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 로 나타났다. 암모늄태 질소는 질산태 질소에 비하여 상대적으로 높은 값을 나타내었으며, 26.3~35 mg kg^{-1} 범위에 있어서 plot간 차이가 크지 않은 것으로 나타났으며 질산태 질소의 경우도 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. P_2O_5 함량의 경우 168.5~256.6 mg kg^{-1} 으로 나타났다. 유기물 함량은 14.1~24.9 mg kg^{-1} 의 범위 안에 있었다. Exc. Cations의 분석 결과 K는

평균 0.31 $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ 이고, 0.2~0.4 $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ 으로 나타났다. Ca의 경우 평균 4.95 $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$, 4.1~6.2 $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ 의 값을 보였다. Mg의 경우 평균 1.55 $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$, 1.1~1.7 $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ 으로 나타났다. Na의 경우는 평균 0.83 $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ 의 값을 보였고, 0.81~0.87 $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ 으로 비슷한 값을 나타냈다. 단기간의 걸쳐 작물을 달리하여 재배한 lysimeter 실험은 토양의 물리성과 화학성에는 영향을 크게 미치지 않은 것으로 사료된다(Cho, 1999).

토양 유실량 2005년 강우 유출량(R)은 경사도 15% 경우 배추 및 곰취(leopard plant)에서 14.72 m^3 으로 가장 높았고, 눈개승마(goat beard), 두릅(fatsia), 참취(aster)는 낮게 나타났다. 유출율의 경우에도 강우 유출량과 같은 경향을 나타내었다. S/R비의 경우 배추에 비해 눈개승마가 약 1/2에 해당하는 것으로 나타났다. S/R비는 단위유출량(R)에 대한 유실량(S) 비를 나타내는 것으로 동일유출량에서 발생하고 있는 토양유실량의 정도를 나타내는 것이다. 그러므로 토양유실을 막는 산채작물로 눈개승마와 참취가 매우 효과가 뛰어난 것으로 나타났다(Jung et al.,

Table 1. Chemical properties of the soils used for the lysimeter experiment.

	pH	EC	O.M	Av.P ₂ O ₅	CEC	Total N	Exch. Cations			
							Ca	Mg	K	Na
	1:10	$\mu\text{S cm}^{-1}$	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	$\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$	mg kg^{-1}	----- $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ -----			
Lysimeter	6.8	33.24	18.24	213.78	8.48	30.26	18.44	6.48	1.38	0.32

Table 2. Soil texture and chemical properties of different slop gradients and cropping systems in 2006.

Slope	Crop	Texture	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	CEC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Exch. Cations			
										Ca	Mg	K	Na
			1:10	$\mu\text{S cm}^{-1}$	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	$\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$	----- mg kg^{-1} -----	----- $\text{cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ -----				
15%	Fatsia	Sandy loam	7.1	45.5	19.6	209.7	8.3	33.3	18.5	5.6	1.6	0.2	0.86
	Goat beard	SL	6.9	21.8	20.8	236.9	8.2	29.4	17.4	4.4	1.4	0.3	0.85
	Leopard plant	Loamysand	6.8	18.2	18.0	256.6	8.3	29.1	19.3	4.4	1.5	0.4	0.81
	Aster	LS	6.6	23.2	17.0	172.5	8.6	31.4	21.3	4.4	1.1	0.4	0.82
	Cabbage	LS	6.6	57.5	16.7	193.2	9.0	29.1	15.7	4.6	1.3	0.3	0.83
30%	Fatsia	LS	7.1	27.2	24.2	237.3	8.9	33.9	18.8	5.5	1.7	0.3	0.84
	Goat beard	SL	7.0	43.6	24.9	247.5	9.0	31.4	16.2	5.0	1.6	0.4	0.82
	Leopard plant	SL	6.9	38.2	22.4	205.9	7.7	35.0	17.9	4.7	1.6	0.4	0.82
	Aster	SL	6.9	12.5	23.3	191.6	8.6	35.8	17.6	4.6	1.7	0.4	0.81
	Cabbage	SL	6.6	20.7	19.8	176.8	8.3	25.8	16.0	4.1	1.4	0.2	0.82
45%	Fatsia	SL	7.2	28.4	21.9	210.0	9.1	33.0	19.6	6.2	1.5	0.3	0.82
	Goat beard	SL	7.3	25.5	20.4	215.1	8.0	26.3	17.6	4.9	1.8	0.2	0.84
	Leopard plant	SL	7.2	31.5	17.8	217.0	8.0	30.8	17.4	4.6	1.6	0.4	0.85
	Aster	SL	6.8	25.3	21.9	168.5	9.5	30.5	22.7	5.5	1.7	0.2	0.85
	Cabbage	SL	6.8	32.4	14.1	185.0	9.6	35.0	21.3	5.8	1.7	0.2	0.87

Fatsia (*Aralia elata* Seem.), goatbeard (*Aruncus americanus* Rafin.), leopard plant (*Ligularia fischeri* Turcz.), aster (*Aster scaber* Thunb.).

Table 3. Effects of various cropping systems and slope gradients on runoff and soil erosion in the lysimeter experiment in 2005.

Slope	Crop	Runoff (R)	Runoff rate	Soil loss (S)	S/R ratio
		m ³	%	kg	kg m ⁻³
15%	Fatsia	9.07	31.90	77.25	8.52
	Goat beard	8.09	28.46	37.50	4.64
	Leopard plant	14.72	51.78	131.88	8.96
	Aster	10.13	35.63	46.25	4.57
	Cabbage	14.72	51.78	131.88	8.96
30%	Fatsia	12.64	44.46	113.13	8.95
	Goat beard	9.95	35.00	77.38	7.78
	Leopard plant	16.54	58.18	125.38	7.58
	Aster	12.31	43.30	106.00	8.61
	Cabbage	16.60	58.39	189.38	11.41
45%	Fatsia	20.00	70.35	163.50	8.18
	Goat beard	18.00	63.31	122.50	6.81
	Leopard plant	22.00	77.38	175.35	7.97
	Aster	17.00	59.80	150.00	8.82
	Cabbage	23.00	80.90	284.00	10.92

1999). 토양유실량은 배추와 곰취가 가장 높았으며 눈개승마와 참취가 각각 132.13과 119.88 kg로 보다 낮은 토양유실량을 나타내어 토양유실 저감효과가 있는 것으로 평가되었다. 산채작물의 토양유실 및 유출수 저감효과는 경사도 30%, 45%인 경우도 15%와 유사한 경향을 나타내었으며 경사도에 따른 유출수 및 토양유실량도 증가하는 것으로 나타났다(Table 3). 2006년도 시험의 경우 15%, 30%, 45% 모든 실험포장에서 유출수 및 토양유실량이 증가하였는데 이는 2005년에 비해 강우량이 상대적으로 많기 때문인 것으로 사료된다. 경사도에 따른 유출수와 토양유실량은 경

사도가 클수록 유출수량과 토양유실량이 증가하였다. 2006년 15% 경사도에서 배추가 184.63 kg의 토양유실량을 나타낸 반면 눈개승마와 참취 재배 시험구의 경우 토양유실량이 각각 52.50과 64.75 kg으로 약 3배 정도의 토양유실저감효과가 있는 것으로 조사되었다. S/R비도 역시 눈개승마와 참취 시험구의 경우 4.48과 4.41로서 배추 재배 plot에 비해 1/2 정도의 낮은 수치를 나타내었다. 30%, 45% 포장에서도 눈개승마와 참취의 토양유실량과 유출수 저감효과가 나타남으로서 시험한 산채작물 중 눈개승마와 참취가 고랭지 경제작물로서 대체가 가능할 것으로 기대된다(Table 4).

Table 4. Effects of various cropping systems and slope gradients on runoff and soil erosion in the lysimeter experiment in 2006.

Slope	Crop	Runoff (R)	Runoff rate	Soil loss (S)	S/R ratio
		m ³	%	kg	kg m ⁻³
15%	Fatsia	13.15	34.15	108.15	8.22
	Goat beard	11.73	30.46	52.50	4.48
	Leopard plant	21.34	55.42	184.63	8.65
	Aster	14.69	38.14	64.75	4.41
	Cabbage	21.34	55.42	184.63	8.65
30%	Fatsia	18.33	47.59	158.38	8.64
	Goat beard	14.43	37.46	108.33	7.51
	Leopard plant	23.98	62.27	175.53	7.32
	Aster	17.85	46.35	148.40	8.31
	Cabbage	24.07	62.50	265.13	11.01
45%	Fatsia	29.00	75.30	228.90	7.89
	Goat beard	26.10	67.77	171.50	6.57
	Leopard plant	30.00	77.89	245.49	8.18
	Aster	24.65	64.00	210.00	8.52
	Cabbage	31.00	80.49	397.60	12.83

유출된 토양의 이화학적 특성 유실에 대해 저항성을 갖는 입자의 크기를 확인하기 위하여 유출된 토사를 채취하여 입자의 크기별 분포를 살펴보았다. 2 mm 이상의 자갈은 토사에서 평균 4%를 차지하고 있었다. 이는 고랭지 경사지의 경작지 토양에 포함되어 있는 20 % 이상의 함량에 비하면 낮게 유출된 것으로 2 mm 이상의 자갈은 강우 유출시 저항력이 다른 입자의 크기에 비해 높기 때문으로 판단되었다. 유실 토사에 가장 많은 부분을 차지하는 입경은 1~0.5 mm의 크기를 갖는 것으로 31.3%의 함량을 보였다. 미사와 점토를 포함하고 있는 0.1 mm 이하의 입자는 유출 토사의 3%를 차지하고 있었다(Table 5). Table 6은 2006년 포장 유실 토양에 대한 화학성 분석 결과이다. 전기 전도도는 처리구 간에 차이가 크지 않았으며, 조사된 전기전도도 값은 5.4~10.74 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 으로 조사되었다. 유출 토사의 암모늄태질소 농도는 질산태 질소의 농도에 비해 다소 높은 것으로 분석되었다. 암모늄태의 경우는 토양흡착력이 있어서 유출토사에서 상대적으로 높은 농도가 검출되었고, 질산태질소의 경우는 토양에 대한 흡착력이 낮은 관계로 유출토사 보다 유출수에서 높은 농도를 나타낸 것으로 판단

된다. 유실 토사의 유기물 함량과 양이온치환용량 및 양이온 함량에 대해 조사하였다. 유출 토사의 입자가 대부분 양이온에 대한 흡착 능력이 낮은 모래여서 토사의 CEC가 처리구 전체에서 7.3~13.1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 으로 나타났다. 유출토사의 유기물 함량은 4.0~14.5 g kg^{-1} 이 포함되어 경작지 밖으로 유거되는 것으로 조사되었다. 토양에 뿌려진 경작지의 유기부산물 비료 및 각종 퇴비의 유출이 발생하는 것을 알 수 있으며, 유기부산물 비료와 퇴비가 토양의 안정화에 기여하여 토양의 유실을 줄이는 기능도 하지만, 과도한 투입이나 부적절한 시기에 투입될 경우 강우와 함께 수계로 유입되어 2차적인 오염원으로 작용할 수 있음을 짐작하게 한다. 또한 유기부산물의 잔재가 토양과 함께 유실되는 것으로 미루어 토양에 뿌려진 각종 화학비료의 경우, 특히 쉽게 물에 녹는 성분은 유거수나 침투수와 함께 하천과 지하로 이동하여 각종 퇴비와 더불어 수계의 오염원이 될 것으로 판단된다(Kim et al., 2000).

토양 유출수 수질 Table 7과 8은 농업지대에서 토양유실과 함께 유실되어 수계에 영향을 미치는 주요

Table 5. Distribution of soil particles collected from soil erosion in 2005.

	Particle size					
	> 2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25mm	0.25~0.1 mm	<0.1 mm
	----- % -----					
Range	1.2~5.7	19.8~31.0	7.2~39.2	13.4~37.0	2.9~13.5	1.7~6.7
Mean	4.0	26.4	31.3	30.5	4.8	3.0

Table 6. Chemical properties of the soils collected from soil erosions of different slop gradients and cropping systems in 2006.

Slope	Crop	pH	EC	OM	Av.P ₂ O ₅	CEC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Exch. Cations			
									Ca	Mg	K	Na
		1:10	$\mu\text{S cm}^{-1}$	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	----- mg kg^{-1} -----		----- $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ -----			
15%	Fatsia	7.20	6.88	4.00	7.00	12.00	51.20	40.50	5.50	2.70	0.30	0.04
	Goat beard	7.10	6.20	4.00	8.00	12.00	48.70	32.80	6.10	2.70	0.30	0.07
	Leopard plant	7.00	7.46	5.00	10.10	13.10	50.40	28.30	5.70	2.80	0.40	0.14
	Aster	7.40	10.27	5.00	9.10	12.00	46.90	30.50	7.90	2.60	0.30	0.05
	Cabbage	6.20	10.74	4.00	8.00	11.00	47.30	27.40	5.40	2.00	0.30	0.05
30%	Fatsia	6.90	4.99	7.70	112.80	8.20	31.00	20.60	4.70	1.70	0.20	0.06
	Goat beard	6.90	6.96	11.00	121.70	7.30	31.00	22.60	3.80	1.40	0.20	0.07
	Leopard plant	6.90	9.07	8.70	70.90	8.90	39.80	25.40	5.20	1.90	0.20	0.06
	Aster	6.90	8.48	37.00	97.20	9.00	36.40	23.90	5.30	1.80	0.20	0.07
	Cabbage	6.50	6.71	14.50	114.80	9.60	37.60	19.60	4.90	1.70	0.30	0.06
45%	Fatsia	7.10	12.59	9.70	130.20	8.40	29.20	21.00	4.70	1.70	0.20	0.08
	Goat beard	6.90	9.32	12.60	123.10	8.80	31.50	24.80	4.80	1.90	0.30	0.07
	Leopard plant	7.00	8.21	8.10	132.50	8.30	33.80	21.80	4.40	1.80	0.30	0.07
	Aster	7.20	6.60	7.50	109.70	7.60	29.90	25.90	4.80	1.50	0.10	0.06
	Cabbage	7.00	5.41	8.00	115.10	7.60	46.10	27.90	4.20	1.60	0.20	0.07

인자인 질소와 인산의 함량을 조사하였다. 질소는 총 질소(T-N)의 함량을 검정하였고, 인산의 함량은 총인(T-P)의 함량을 분석하였다. 포장실험 결과에 따르면, pH는 평균 7.26(경사도 15%), 6.84(경사도 30%), 6.84(경사도 40%) 이었으며 EC는 경사도 15, 30, 45%에서 각각 평균 72.22, 61.44, 71.40 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 의 값을 나타냈다. T-N과 T-P의 경우는 15% 경사도 포장에 비해 30%, 45% 경사도 포장에서의 값들이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 또한 15%에 비해 30%, 45% 경사도 포장의 물 유출량이 상대적으로 많아 오염부하가 높을 것으로 사료된다(Table 7). 2006년 포

장실험에 의하면 T-N의 경우 2005년의 T-N에 비해 상대적으로 높은 농도를 나타냈으며 T-P는 다소 낮은 값을 보였다. 경사도(15%, 30%, 45%)에 따른 T-N과 T-P의 함량은 2005년의 경향과 유사함을 보였다(Table 8).

요 약

고랭지 농업은 표고가 높은 산지의 경사지에서 이루어지고 있고, 비료 및 퇴비 등의 고투입농법에 의존하고 있기 때문에 토양유실 가능성이 상당히 높고 따

Table 7. Chemical properties of the runoff collected from different slop gradients and cropping systems in 2005.

Slope	Crop	pH	EC	T-N	T-P
			$\mu\text{S cm}^{-1}$	mg L^{-1}	mg L^{-1}
15%	Fatsia	7.52	66.50	1.16	1.55
	Goat beard	7.26	50.60	0.96	1.13
	Leopard plant	7.09	65.60	0.97	2.02
	Aster	7.19	70.30	1.43	1.91
	Cabbage	7.26	108.10	2.62	3.08
30%	Fatsia	6.86	26.48	2.13	4.30
	Goat beard	6.82	42.00	3.37	1.96
	Leopard plant	6.67	62.10	6.77	4.54
	Aster	6.72	80.10	9.09	6.24
	Cabbage	7.13	96.50	9.92	20.68
45%	Fatsia	7.27	67.80	9.18	5.86
	Goat beard	6.56	55.70	8.18	6.57
	Leopard plant	7.02	72.00	9.75	15.59
	Aster	6.59	77.50	10.44	3.92
	Cabbage	6.74	84.00	28.22	25.60

Table 8. Chemical properties of the runoff collected from different slop gradients and cropping systems in 2006.

Slope	Crop	pH	EC	T-N	T-P
			$\mu\text{S cm}^{-1}$	mg L^{-1}	mg L^{-1}
15%	Fatsia	6.99	25.60	8.17	1.84
	Goat beard	7.02	36.70	6.72	1.16
	Leopard plant	7.29	74.60	7.64	1.49
	Aster	7.73	68.80	11.94	1.29
	Cabbage	7.02	71.20	5.87	2.13
30%	Fatsia	6.93	30.50	6.80	1.27
	Goat beard	6.89	41.80	9.65	1.89
	Leopard plant	6.79	53.30	18.35	3.00
	Aster	6.11	118.10	16.10	4.72
	Cabbage	6.38	68.70	16.00	3.10
45%	Fatsia	6.89	38.40	28.88	6.12
	Goat beard	6.44	64.40	35.54	11.80
	Leopard plant	7.17	74.50	27.79	19.19
	Aster	7.04	56.00	27.89	2.18
	Cabbage	6.65	79.50	64.92	1.78

라서 환경에 악영향을 미칠 가능성이 크다. 이 연구는 식생을 이용한 토양 유실저감효과를 규명하기 위하여 경계성이 있는 산채작물을 재배함으로써 이들의 토양 유실 저감 정도를 평가하였다. 2005년 실험에 따르면 배추포장에 비하여 눈개승마와 참취 포장의 토양 유실량은 1/2로 저감되었으며, 유출량 또한 상대적으로 눈개승마 재배 포장과 참취 재배 포장에서 낮은 것으로 나타났다. 경사도(15%, 30%, 45%)에 따른 토양 유실량은 경사도가 증가할수록 증가하였으며, 15% 포장에서 눈개승마의 경우 52.50 kg, 30% 포장에서 눈개승마의 경우 108.33 kg, 45% 포장에서 눈개승마의 경우 171.50 kg로 나타났으며, 배추포장의 경우는 눈개승마 포장에 비해 2~3배 많은 토양 유실량을 보였다.

References

- Cho, B. O. 1999. Characterization of soil fertilizy and management practices of alpine soils under vegetable cultivation. Ph. D. Dissertation. Kangwon National University.
- Dong Wha Tech. 2007. Standard methods for water, waste, and soil contamination. Dong Wha Tech. Korea.
- Gangwon Agricultural Extension Services. 2007. Studies on the stubble mulch of wild edible greens in alpine slope farmland. Ministry of Agriculture & Forestry. Korea
- Joo, J. H., C. Park, Y. S. Jung, J. E. Yang, J. D. Choi, W. J. Lee, and S. I. Kim. 2004. Evaluation of the dressed soil applied in mountainous agricultural land. Korean J. Soil Science and Fertilizer. 37: 245-250.
- Jung, Y. S., J. E. Yang, and K. C. Eom. 1999. Evaluation of environmental effect of cropping system. 1999. RDA Symposium. Crop Exp. St. RDA: 61-143.
- Kim, G. H., G. Y. Kim, J. G. Kim, T. M. Sa, J. S. Suh, B. G. Son, J. E. Yang, K. C. Eom, S. E. Lee, G. Y. Jung, D. Y. Jung, E. T. Jung, J. B. , Jung, and H. N. Hyun. 2006. Soil Science. Hyangmum Publishing, Korea pp. 391-428.
- Kim, S. J., J. E. Yang, C. S. Park, Y. S. Jung, and B. O. Cho. 2007. Effects of winter cover crop of ryegrass (*Lolium multiflorum*) and soil conservation practices on soil erosion and quality in the sloping uplands. Journal of Applied Biological Chemistry. 50: 22-28.
- Kim, J.-G., K.-B. Lee, J.-D. Kim, S.-S. Han, and S.-J. Kim. 2000. Change of nutrition loss of long-term application with different organic material sources in upland soil. Korean J. Soil Science and Fertilizer. 33: 432-445.
- Morgan, R. P. C. 2005. Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing, USA.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 1992. Korean soil comprehensive report (2th ed.). Rural Development of Administration, Korea.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Methods of soil and crop plant analysis. Rural Development of Administration, Korea.
- National Institute of Highland Agriculture. 2002. Technologies for vegetable cultivation in the alpine highland. Rural Development Administration, Korea.
- Park, C. J. 2002a. Case study on the best management practice model for the environmentally sound conservation of soil and water quality. Ph. D. Dissertation, Kangwon National University. Korea
- Park, C. S. 2002b. Soil management practices to reduce water erosion from the sloped farmland in highland. Ph. D. Dissertation, Kangwon National University. Korea
- Yang, J. E. and Y. S. Jung. 2004. Evolving sustainable production systems in sloping upland areas-Land classification issues and options. Asian Productivity Organization, Tokyo, Japan. pp. 136-155.
- Yang, J. E. and Lee, G. S. 2001. Agriculture and Environment. Korean Society of Environmental Agriculture. pp. 337-370.