

## 고랭지 경사 밭 무 재배지에서 토양유실경감을 위한 피복방법 평가

이정태\* · 이계준 · 류종수 · 박석호<sup>1</sup> · 한경화<sup>1</sup> · 장용선<sup>1</sup>

농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구센터, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원

### Evaluation of Surface Covering Methods for Reducing Soil Loss of Highland Slope in Radish Cultivation

Jeong-Tae Lee\*, Gye-Jun Lee, Jong-Soo Ryu, Suk-Hoo Park<sup>1</sup>, Kyung-Hwa Han<sup>1</sup>, and Yong-Seon Zhang<sup>1</sup>

Highland Agriculture Research Center, National Institute of Crop Science, RDA, Pyeongchang, 232-955, Korea

<sup>1</sup>National Academy of Agriculture Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

There is relatively high vulnerability of soil erosion in slope highland agriculture due to a reclamation of mountain as well as low surface covering in early summer season with high rainfall intensity time. The aim of this study was to evaluate various surface covering methods for reducing soil loss in highland radish cultivation in highland. The experiment was conducted in 17% sloped lysimeter (2.5 m × 13.4 m) with 8 treatments including covering with cut rye, sod culture of rye, *Ligularia fischeri* var. *spiciformis* Nakai, *Arachniodes aristata* Tindale, *Aster koraiensis* Nakai, *Festuca myuros* L. and mulching with black polyethylene film, and runoff water, eroded soil and radish growth were investigated. Surface covering with sod culture and plant residue, especially cut rye treatment, had lower runoff water than non-covering, whereas black polyethylene film mulching had the reverse. The amount of eroded soil was also lowest in cut rye treatment, 0.3 Mg ha<sup>-1</sup>, and increased in the order of rye sod culture, *Ligularia fischeri* var. *spiciformis* Nakai, *Aster koraiensis* Nakai, *Festuca myuros* L., *Arachniodes aristata* Tindale, black polyethylene film, and non-covering, 68.2 Mg ha<sup>-1</sup>. The results showed that surface covering with sod culture or plant residue could be effective for reducing runoff water and soil erosion in the radish field, significantly in cut rye treatment. On the other hand, in sod culture of rye, *Aster koraiensis* Nakai and *Ligularia fischeri* var. *spiciformis* Nakai, radish yields were lower than in the non-covering. Unlike this, covering with cut rye, sod culture of *Festuca myuros* L. had similar radish yield to the non-covering radish yield. In conclusion, covering with cut rye and sod culture of *Festuca myuros* L. were beneficial for reduction of soil loss without decreasing in radish yield in highland sloped fields.

**Key words:** Covering method, Radish, Soil loss, Runoff water, Highland

## 서 언

경사지 밭에서 토양피복은 빗방울이 직접 토양입자를 교란시키는 것을 막아 유실의 위험을 줄여 준다. 특히 호밀 등의 초생으로 토양표면을 덮는 피복작물을 재배할 시 토양 유실이 줄어들어 밝혀지고 있다 (FAO, 2000). 미국 일리노이 주에서는 농가의 50%가 피복작물을 재배하여 잔재물로 토양을 피복시키고, 부분 경운하여 토양침식을 방지하고 있다 (Peterson, 2004). 이러한 피복작물 재배를 통해 농경은 관행 대비 수확량은 99% 수준으로 거의 차이가 없지만, 비용을 43%, 노동력을 47% 절감할 수 있는 것으로

보고되고 있다 (Luna 등, 2003). 토양표면을 덮는 식물은 단기적으로는 강우의 일부를 붙잡을 수 있기 때문에 유거량을 감소시키고 토양표면에 빗방울의 충격을 완화시켜 토양유실을 감소시킬 수 있다. 장기적으로는 토양구조형성을 도와 물의 침투능을 높임으로써 지하수 함양 등의 효과를 가지고 있다 (Duran et al., 2008). 따라서 이러한 토양보전에 좋은 식물을 선정하는 연구가 세계적으로 수행되고 있다 (Duran et al., 2011).

고랭지 밭은 한여름 배추, 무, 감자 등을 생산할 수 있는 여름철 신선채소 공급지대로 표고 600 m 이상에 위치한다. 그러나 최근 지구온난화에 따라 고랭지채소 재배지가 점점 더 높은 곳으로 이동하여 경사도가 심한 곳에서도 재배하고 있는 실정이다. 특히 고랭지 지역은 상류 수계에 위치해 있어 상수원 수계의 1차 보호지역으로 토양유실과 함께 각종 화학물질 및 퇴비 등이 유출 될 경우 수질오염에 영향

접수 : 2011. 8. 28 수리 : 2011. 10. 11

\*연락처 : Phone: +82333301920

E-mail: leejt@korea.kr

을 미칠 수 있다. 따라서 고랭지 작물재배 특성에 맞는 토양 보전농법의 개발이 시급한 실정이다. 토양피복 작물을 활용한 토양유실 저감의 경우 주 작물인 고랭지 채소의 수량을 떨어뜨리지 않으면서 적용 가능한 작물의 선택이 중요하다.

다양한 고랭지 작물 중 무는 근채류의 대표작물 중 하나로, 옥수수 등과 같이 작물높이가 크지 않아 주작물의 수광이나 양분흡수에 부정적 영향을 주지 않는 피복작물 선택에 특히 주의가 필요하다. 특히 고랭지는 표고가 높아 겨울의 최저기온이 우리나라에서 낮은 지역으로 월동이 가능한 작물을 찾아 연중토양표면을 피복하는 것도 유실저감에 중요한 점 중 하나이다. 국내 고랭지에서 적용 가능한 다양한 작물 중 호밀은 월동이 가능하고 뿌리 뻗음이 좋아 물리성 개선 및 토양피복에 좋은 작물로 평가되고 있다. 곰취, 고사리 등은 산채류로서 주 작물 외 부수입을 올릴 수 있는 작물이다. 벌개미취 등은 고랭지 적응성이 좋고 꽃이 피어 경관성이 좋은 작물이라 할 수 있어 이들 식물을 이용한 토양 피복 효과를 구명해 볼 필요성이 있다.

본 연구는 고랭지 무재배 경사지에서 다양한 피복작물을 이용한 토양유실 저감 가능성, 작물생산성 등을 평가하여 최적의 토양보전기술을 구명하고자 수행하였다.

**재료 및 방법**

**시험 장소 및 작물** 시험장소는 강원도 평창군 소재 국립식량과학원 고령지농업연구센터에 설치된 무저라이시미터 시험포장 (경도 128°44'05", 위도 37°40'38")에서 수행하였다. 무저라이시미터의 규격은 가로 2.5 m에 세로 13.4 m로 조성하였다. 경사는 17%이며 시험지 토양특성은 Table 1과 같다. 시험작물은 고랭지 무를 공시하여 6월 25일 Fig. 1

과 같이 포장을 조성하여 6월 30일 파종하였다. 시험품종은 관동여름무 (*Raphanus sativus* L.) 이었으며, 시비량은 작물별 시비처방 기준 (농업과학기술원, 2006) 고랭지 무 표준시비량 N-P-K=252-30-68 kg ha<sup>-1</sup>에 준하였고, 재식거리는 60×25 cm로 하였다. 무 파종 후 100일인 10월 6일 농업과학기술 연구조사분석기준 (농촌진흥청, 2003)에 준하여 수량조사를 실시하여 작물생산성을 평가하였다.

**시험처리** 관행경은 (Control) 대비 부분경운기술을 도입하여, 호밀 예취피복 (T1), 호밀 예취피복 후 초생 (T2), 곰취 초생 (T3), 고사리 초생 (T4), 벌개미취 초생 (T5), 들묵새 초생 (T6), 비닐멀칭 (T7) 등 8처리를 두었다 (Table 2).

**유거수량 및 토양유실량 측정** 강우직후 유거수량과 토양유실량을 측정하였다. 각각의 라이시미터 하단부에 설치된 집수통에 수집된 유거수는 분석용 시료를 채취하고, 전체량을 측정 후 방류하였다. 그리고 토사는 전량 수집하여 자연건조 후 토사량을 측정하였다. 시간별 강우량은 대관령 기상관측소 자료를 이용하였으며 강우강도분석은 Foster et al. (1981)의 방법을 따랐다 (Fig. 2, 강우에너지 E=0.119+0.0873logI, I: 강우강도). 강우침식성인자 EI<sub>30</sub>은 강우에너지 E와 30분 최대강도 (I<sub>30</sub>)의 곱으로 나타낸다.

**토양피복을 측정** 피복을 측정 및 분석은 Kim and Park (1994)이 사용한 방법을 응용하였는데, 무와 피복작물의 생육이 이루어지는 동안에 10일 간격으로 처리별로 동일한 장소의 1.5 m 높이에서 사진을 촬영하여 사진에서 무에 의해 피복된 면적과 피복작물에 의해 피복된 면적을 구한 후 전체 면적에 대한 비를 구하여 이를 각각의 피복율로 결정하였다.

**Table 1. The physico-chemical properties of soil in experimental field.**

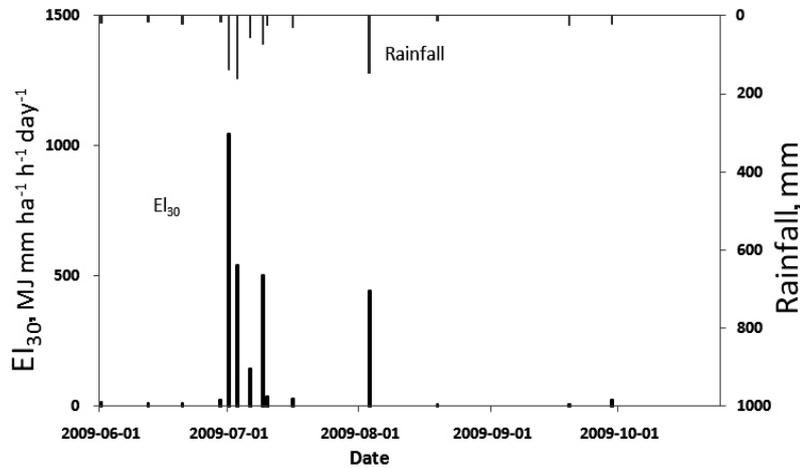
Soil properties	Soil particle distribution			Texture	pH	OM	Avail. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Exch. Cation		
	Sand	Silt	Clay					K	Ca	Mg
	----- % -----				(1:5)	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		
Value	51.0	26.7	22.3	Loam	6.8	33	317	1.1	9.4	0.9



**Fig. 1. Preparation of experimental field before radish seeding. Ploughing and fragmentation(left), rye cutting(middle) and strip till only in seeding part(right).**

**Table 2. Soil covering methods and tillage types in experimental field.**

Treatments	Treatment details		
	crop residue cover	tillage types	sod culture
Control	No	Moldboard Ploughing+fragmentation	No
T1	Rye residue	Strip tillage only in seeding part	No
T2	Rye residue	Strip tillage only in seeding part	Rye
T3	<i>Ligularia fischeri</i> var. <i>spiciformis</i> Nakai	Strip tillage only in seeding part	<i>Ligularia fischeri</i> var. <i>spiciformis</i> Nakai
T4	<i>Arachniodes aristata</i> (G.Forst.) Tindale	Strip tillage only in seeding part	<i>Arachniodes aristata</i> (G.Forst.) Tindale
T5	<i>Aster koraiensis</i> Nakai	Strip tillage only in seeding part	<i>Aster koraiensis</i> Nakai
T6	<i>Festuca myuros</i> L.	Strip tillage only in seeding part	<i>Festuca myuros</i> L.
T7	Black polyethylene	Moldboard Ploughing+fragmentation	No



**Fig 2. Rainfall erosion index EI30 and rainfall during radish growing period.**

**Table 3. Covering percentage according to different covering methods**

Treatments	Investigation time (month/day)							
	11/10	4/25	5/25	6/25	7/25	8/25	9/25	10/25
Control	15	0	85	0	9	76	100	17
T1	90	75	100	67	77	100	100	95
T2	98	80	100	72	85	95	100	97
T3	78	0	100	62	71	91	100	54
T4	17	0	100	60	67	97	100	35
T5	85	0	100	66	74	100	100	92
T6	95	0	100	63	69	78	100	12
T7	7	0	86	65	65	75	100	8

**결과 및 고찰**

**토양피복 효과분석** Table 3은 피복방법에 따른 토양의 피복율 변화에 대해 조사한 성적이다. 무 파종을 위한 포장조성작업 직후인 6월 25일 토양 피복율을 조사한 결과 관행구는 농기계 작업에 의한 토양표면의 교란과 더불어 0%의 피복율을 보인 반면, 호밀예취 피복을 포함한 피복처리구

는 60~72%로 강우에 취약할 수밖에 없는 작물생육 초기에 토양을 피복시키는 효과가 매우 높았다. 특히 관행의 경우 무 파종 후 30일경인 7월 25일까지 9%의 피복율을 보였는데, 우리나라의 기후 특성상 6월 하순이후 장마기에 접어들어 많은 강우가 예상됨을 감안하면 농기계작업에 의해 교란된 토양의 유실위험은 매우 높을 것으로 판단된다. 또한, 무 수확 후 20일 11월 10일 피복율을 조사한 결과 관

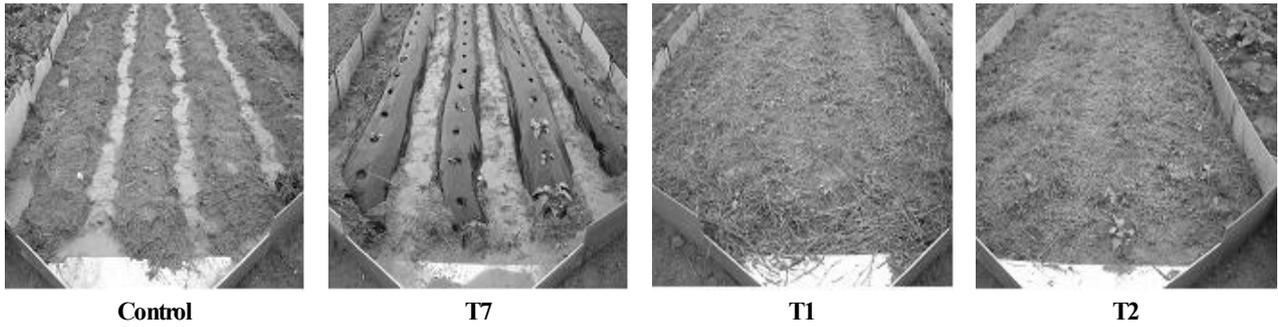


Fig. 3. Soil surface covered in initial stage of radish growth.

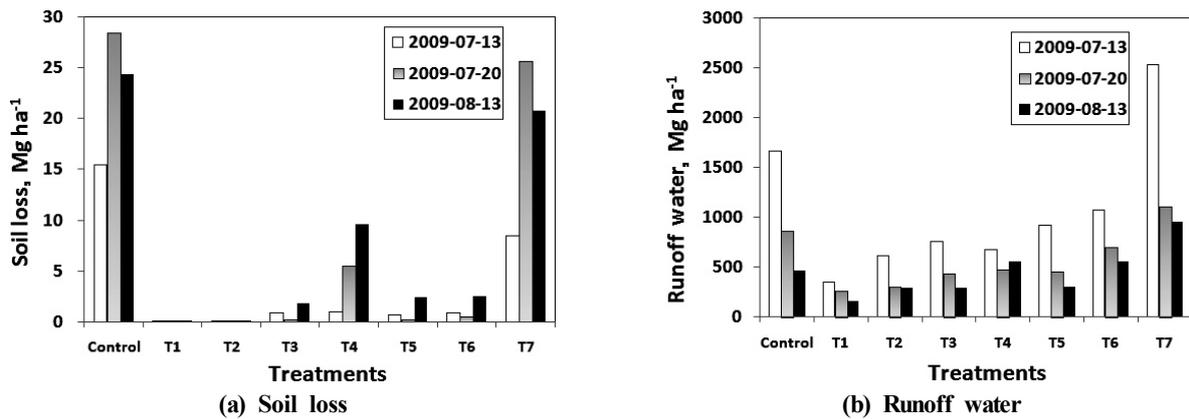


Fig. 4. Soil loss and runoff water during radish growing period.

행구는 잡초 등으로 15%의 피복율을 보였다. 이에 반해 무 수확 후 멀칭비닐을 제거한 비닐멀칭 처리구를 제외하면, 호밀 예취피복을 포함한 피복 처리구는 17~98%로 무 수확 후 나지 상태의 토양을 조기에 피복시키는 효과가 매우 높은 경향을 보였다. Bayer (1972)와 Laflan (1979)은 경작 지에서의 토양유실 경감방법으로 합리적인 작부체계와 토양관리가 기본이라 하였는데, 이는 합리적인 작부조합으로 토양 피복율을 증대시켜 강우의 직접적인 타격력과 유속을 감소시키고 작물 뿌리에 의한 토양고정과 침투율을 증가시켜 토양 유실 및 지표수 유출량을 감소시키는데 기인한 것으로 해석된다 (Duran et al., 2008). Figure 3은 무 생육초기 토양피복 상태에 따른 유거수 유출특성을 보여주고 있는데, 본 시험에서도 호밀예취피복을 포함한 부분경운 피복재배는 관행 대비 토양표면 교란을 최소화하고, 피복작물로 토양을 보호함으로써 토양유실을 현저히 저감할 수 있을 것으로 판단되었다.

**유거수 및 토양유실 특성 분석** 피복방법에 따른 Lysimeter 내에서의 실제적인 토양유실량 평가에 대한 결과는 Fig. 4와 Table 4에 나타나 있다. 시험기간 동안의 강수량은 784.4 mm가 발생하여 포장에 가해졌다. 이 중 7월 9일~24일, 8월 11일에 631 mm가 내려 강우의 집중성이 두드러졌다. 특히 이 기간의 강우침식인자 E<sub>30</sub>은 시험기간의

95% 이상을 차지하였다. 토양유실 또한 이 기간에 집중하여 발생하였다. 각 시기에 발생한 토양유실은 7월 13일, 7월 20일, 8월 13일에 각각 조사되었다. 7월 13일 조사된 토양유실은 7월 9일~7월11일 강우에 의한 것으로 강우량과 강우침식성인자가 다른 조사일자에 해당하는 강우보다 가장 높았다(Fig. 4). 그러나 두 번째 조사일자 7월 20일 보다 관행에서 토양유실량은 작게 나타났는데 이는 첫 집중 강우로 이전의 강우에 의한 표토의 토양구조 안정성이 뒷따른 강우사상에서 토양보다 상대적으로 강하기 때문으로 추정된다. 반면 유거수량은 첫 번째 조사 (7월 13일)에서 가장 높게 나타나 강우량에 비례하였다. 처리간 토양유실량은 7월 13일 조사에서 관행에 비해 호밀초생 및 호밀예취피복은 1%이하, 다른 피복작물을 심은 처리구는 10%이하, 비닐피복은 54%를 나타내었다. 반면 7월 17일~20일 강우에서 유실량은 비닐피복과 고사리초생을 제외하고 피복작물 처리구는 관행에 비해 1% 수준으로 매우 낮았다. 이 시기에 고사리초생은 피복작물 처리구 중에서 피복률이 가장 낮게 나타난 처리구이다. Fig 5는 이 시기에 피복률과 토양유실량 및 유거량과의 관계를 나타낸 것이다. 피복률이 높을수록 유실량과 유거량이 유의하게 줄어들음을 알 수 있었다. 반면 비닐멀칭의 경우에는 7월 9일~12일 강우에서 유거량이 관행보다 1.5배이상 높았으며 이후 강우에도 관행보다 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 멀칭비닐이 침투

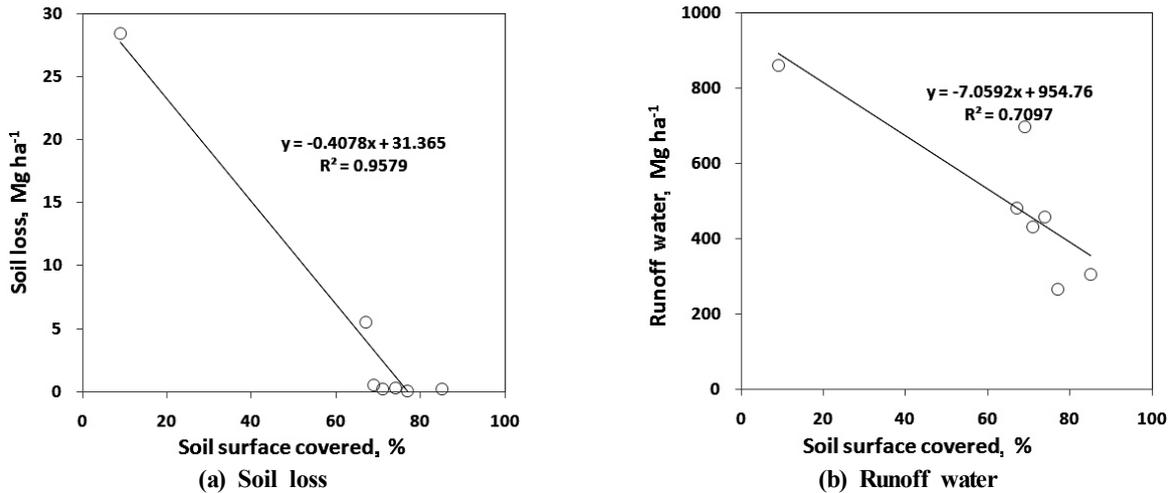


Fig. 5. The effects of covering on loss and runoff water investigated on July 20 including three rainfall events, July 14, July 17, and July 18.

Table 4. Runoff and soil loss according to different covering methods.

Treatments	Runoff m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Soil loss Mg ha <sup>-1</sup>
Control	2,994	68.2
T1	773	0.3
T2	1,215	0.4
T3	1,472	3.0
T4	1,711	16.1
T5	1,678	3.5
T6	2,325	4.0
T7	4,585	54.8

되는 물량을 줄임으로서 더 많은 유거수량을 보인 것으로 생각된다.

시험기간 중 각 처리별 총 토양유실량과 유거량의 조사 결과는 Table 4와 같다. 관행 처리구가 ha당 68.2톤 인 반면 호밀예취피복을 포함한 피복처리구는 0.3~16.1톤으로 관행 대비 76~99%에 해당하는 토양유실 경감 효과가 있는 것으로 조사되었다. 그러나 비닐멀칭의 경우에는 ha당 54.8톤의 토양유실이 발생하였는데, 이는 멀칭비닐 고정을 위해 멀칭비닐 위로 덮은 토양이 유거수와 함께 유출 되어 발생량을 증가 시킨 것으로 판단된다. 이와 같은 연구결과는 합리적인 작부체계 유지로 나지 상태의 토양 피복율을 증대 시켜주는 것이 토양유실의 원인이 되는 강우의 직접적인 타격을 줄여 줄 수 있다는 연구결과와 동일한 결과이다 (Baver et al., 1972; Laflen et al., 1979; Wainwright et al., 2000). 또한 작물 피복상태에 따른 C값 추정식 (Wischmeier and Smith, 1978)에 기초한 토양유실량 산정 결과 및 배추 재배기와 휴한기에 피복작물로 호밀, 헤어리

베치를 재배하여 토양 피복율을 높이는 것이 토양 유실량은 저감시킨다는 연구결과와 비슷한 경향을 보인다 (Lee et al., 2005). 이러한 결과로 볼 때 강우가 집중되는 여름철에 경사지에서 작물을 재배할 경우 토양 보전을 위한 최우선 과제는 토양을 잘 피복하여야 하는 중요성을 암시해주고 있다. 특히 부분경운을 도입한 피복재배는 유거수 유출량과 유거수의 탁도를 저감시키면서, 토양유실 경감효과도 매우 높을 것으로 평가된다. 작물이 심겨지는 최소 부분만 경운하여 작물이 심겨지고, 미경운 부분이 피복될 경우 토양유실 경감 효과는 배가 될 것으로 판단된다. 이와 더불어 부분경운은 Park et al. (2002)의 연구 결과에서 경운정지 작업을 생략하고 작물이 심겨지는 부분만 부분경운 함으로써 연료소모량도 50% 절감된다고 보고된 바 있어 경사지의 토양유실 절감과 에너지 절감에도 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

**무 생육 및 수량특성 분석** 무 수확기 생육 및 수량 특성은 Table 5, Fig 6과 같은데, 수량 구성요소인 근중에 있어 관행의 경우 ha당 92.5톤 수준을 보였다. 이에 반해 호밀 초생피복, 벌개미취 초생피복, 곶취 초생피복의 경우 40.1~78.5톤 수준으로 낮은 경향을 보였다. 반면, 호밀 예취피복을 포함한 고사리 초생피복, 들묵새 초생피복, 흑색비닐멀칭 처리구에서는 92.9~109.8톤으로 관행과 비슷하거나 오히려 증수되는 결과를 보였다. 이와 같은 결과는 무의 생육이 초생작물 및 피복자재와 경합, 상호보완 등에 의한 영향으로 판단된다.

토양유실경감효과와 무 수량을 함께 고려하여 볼 때, 호밀 예취피복 및 들묵새 초생피복은 무 수량에는 영향을 미치지 않으면서 토양유실 경감효과가 매우 높아 경사 밭 토양보전기술로 유용하게 적용되리라 판단된다. 반면 호밀

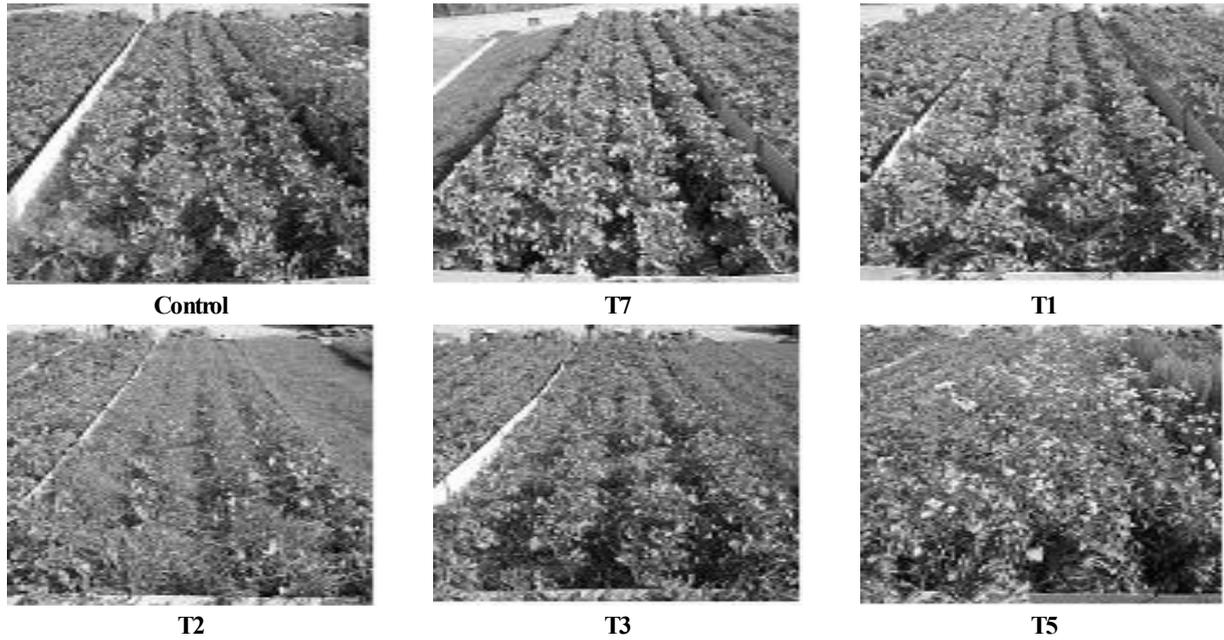


Fig. 6. Experimental plot at radish harvest time.

Table 5. Root length and radish yield at harvest time according to different covering methods.

Treatments	Root length cm	Yield Mg ha <sup>-1</sup>
Control	25.7	92.5
T1	26.1	92.9
T2	21.0	40.1
T3	25.3	78.5
T4	27.1	102.6
T5	19.3	46.1
T6	27.9	109.8
T7	29.9	121.9

등 초생작물은 작물이 재배되지 않는 겨울철에도 월동이 가능하여 나지 토양의 피복효과가 매우 높는데, 경사지에서 지면 피복도에 따라 강우시 토양유실이 크게 달라짐을 감안하면 (Jung et al., 1999), 작물의 생산성과 피복작물로 도입할 초종의 선정에 있어 추후 정밀검정이 더 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 시험에 도입된 부분경운기술은 작물이 파종, 정식되는 부분만 시비가 이루어져, 관행 포장전면시비와 달리 작물별 비료이용 효율에 있어 다른 경향을 보일 수 있어 이에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 단지 고랭지에서 재배되는 무의 재배시기, 대부분 경사지로 구성된 밭토양 특성을 고려하면 강우가 집중되는 6월 하순에서 7월에 대형농기계에 의한 표토 교란은 토양유실 위험을 가중시키는 요인으로, 대부분 경사지로 조성된 우리나라 밭 농업의 지속성을 유지하기 위해서는 토양보전에 대한 지속적인 연구 및 기술도입이 필요할 것으로 요망된다.

## 요 약

우리나라 밭은 대부분 산지를 개간하여 조성한 경사 밭으로 작물이 재배되는 여름철 집중강우에 의해 많은 양의 토양이 유실된다. 특히 경사 밭 전면경운에 의한 토양 교란은 무의 발아, 생육초기 단계로 쏟아지는 강우에 표토가 직접 노출되어 토양유실 위험이 가중되고 있다. 본 연구에서는 고랭지 무 재배의 경우 토양피복방법 개선에 의한 토양유실 저감기술을 개발하고자 수행하였다. 토양피복 방법으로 호밀 예취피복, 호밀 초생피복, 흑색비닐멀칭 등 8 처리를 두었으며, 경사 17%내외 무저라이시메타에서 유거수 및 토양유출 특성과 무 생육특성을 평가하였다.

시험결과 호밀예취피복을 포함한 토양피복처리에는 유거수 유출량에 있어 ha당 관행 2,994 m<sup>3</sup>인 반면, 773~2,325 m<sup>3</sup>이 유거되어 관행보다 26~78% 수준으로 유거수량이 감소하였다. 이와 같은 결과는 토양유실량에도 영향을 미쳐 관행 처리구가 ha당 68.2톤인 반면, 호밀예취피복을 포함한 피복처리구는 0.3~16.1톤으로 관행 대비 76~99%에 해당하는 토양유실 경감 효과가 있는 것으로 평가되었다. 무 수확기 수량 구성요소인 근중은 관행의 경우 ha당 92.5톤 수준을 보였는데, 호밀 초생피복은 40.1톤, 별개미취 초생피복은 46.1톤, 곰취 초생피복은 78.5톤 수준으로 낮은 경향을 보였다. 반면, 호밀 예취피복은 92.9톤, 들목새 초생피복은 102.6톤, 흑색비닐멀칭은 109.8톤으로 관행과 비슷하거나 오히려 증수되는 결과를 보였다. 본 연구 결과 호밀 예취피복 및 들목새 초생피복은 무 수량에는 영향을 미치지 않으면서 토양유실 경감효과가 매우 높아 경사 밭 토양보전기술로 유용하게 적용 되리라 판단된다.

## 인용문헌

- Baver, L.D., W.H. Gardner, and W.R. Gardner. 1972. Soil Physics. Hohn Willey and Sons Inc.
- Cruse, R.M. 2002. Strip tillage effects on crop production and soil erosion. Iowa State University.
- Duran, Z.V.H. and P.C.R. Rodriguez. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers, Review. Agron. Sustainable Dev. 28:143-149.
- Duran, Z.V.H., P.C.R. Rodriguez, P.F.J. Martin, J. de Graaff. M.J.R. Francia, and D.C. Flanagan. 2011. Environmental impact of introducing plant covers in the taluses of terraces: Implications for mitigating agricultural soil erosion and runoff. Catena 84:79-88.
- FAO. 2000. Manual on integrated soil management and conservation practices. FAO Land and Water Bulletin 8 ISSN 1024-6073.
- Foster, G.R., D.K. McCool, K.G. Renard, and W.C. Moldenhaus. 1981. Conversion of the universal soil loss equation to SI units. J. Soil Water Conserv. 36(6):355-359.
- Kim, J.T. and S.W. Park. 1994. Runoff and soil losses from sloping lands with different cropping practices. J. Korean Soc. Agric. Eng. 36(1):73-82.
- Laflen, J.M. and W.C. Moldenhaus. 1979. Soil and water loss from corn-soybean rotations. Soil Sci. Am. J. 43: 1213-1215.
- Lee, J.T. G.J. Lee, C.S. Park, S.W. Hwang, and Y.R. Yeoung. 2005. Effect of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) sod culture on decreasing soil loss and providing nitrogen for chinese cabbage in highland. Korean J. Soil Sci. Fert. 38(5):294-300.
- Luna, J. and M. Stabel. 2003. Using strip tillage in vegetable production systems in western oregon. Oregon State University Extension Service.
- Park, S.H., D.H. Lee, H.J. Kim, C.S. Lee, S.C. Cho, and T.Y. Kwak. 2002. Development of dry paddy seeder of strip tillage. J. Biosyst. Eng. 27(1):25-32 (In Korean).
- Peterson, d. 2004. Strip-Till: The Best of Both Worlds. University of Illinois Extension, College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences.
- Wainwright, J., A.J. Parsons, and A.D. Abronbams. 2000. Plot scale studies of vegetation, overland flow and erosion interactions: Case studies from Arizona and New Mexico. Hydrol. Process 14:2921-2943.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. p. 58. Agricultural Handbook No. 537, USDA, Washington D.C., USA.
- 농업공학연구소. 1999. 농업공학연구소 연구보고서.
- 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석방법.
- 농업과학기술원. 2006. 작물별시비처방기준.
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준.