

고랭지배추 재배지 토양보전을 위한 동반작물 지면패랭이

김기덕^{*} · 안재훈 · 이정태 · 홍순춘 · 황선웅¹ · 김충국²

농촌진흥청 고령지농업연구소, ¹농촌진흥청 농업과학기술원, ²농촌진흥청 작물과학원

Phlox subulata, Cover Plant for Soil Conservation in Chinese Cabbage-Cultivated Highland

Ki-Deog Kim,^{*} Jae-Hoon Ahn, Jeong-Tae Lee, Soon-Choon Hong, Seon-Woong Hwang¹, and Chung-Guk Kim²

National Institute of Highland Agriculture, RDA, Pyeongchang 232-955, Korea

¹National Institute of Agriculture Science & Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

To evaluate the effect of companion plant (*Phlox subulata* and *Glechoma hederacea* var. *longituba*) on conservation of soil in sloped highland, coverage of crops and soil erosion were investigated with 3 different conditions. The coverage rate of *Phlox subulata* with Chinese cabbage cultivation was kept on approximately 100% from Chinese cabbage-transplanting to -harvest. The coverage rate of *Glechoma hederacea* var. *longituba* with Chinese cabbage cultivation was low at it's early stage, however, reached to approximately 100% at the time of Chinese cabbage harvest. In contrast, the coverage rate of Chinese cabbage cultivation without cover crop, and simultaneous transplanting with Chinese cabbage and cover crop were approximately 60%. Losses of soil and nitrate nitrogen were much lower in *Phlox subulata* with Chinese cabbage cultivation (0.1~0.2 ton ha⁻¹, 0.2~0.4 kg NO₃⁻-N ha⁻¹) than those in Chinese cabbage cultivation without cover crop (20.8 ton ha⁻¹, 2.1 kg NO₃⁻-N ha⁻¹), and simultaneous transplanting with Chinese cabbage and cover crop (8.9~10.5 ton ha⁻¹, 1.5~2.2 kg NO₃⁻-N ha⁻¹). Cover plants suppressed the weed occurrence up to about 70%. Live mulching with cover plants set a good effects on weed suppression and reduction of soil and nutrient loss. Therefore intercropping with *Phlox subulata* will make great contributions to soil conservation in Chinese cabbage cultivated highland.

Key words : *Phlox subulata*, Coverage, Soil erosion

서 언

대부분 강원도에 위치한 고랭지는 여름철 단경기에 채소 생산의 요충지로서 70년대 이후 중요한 역할을 해 왔다. 그러나 경사지가 많고 작물을 재배하지 않아 토양표면이 노출된 기간이 길기 때문에 강우 시 토양 유실 및 비료성분의 용탈이 많아서 (Jung et al, 1976) 평지에 비해 비료를 더 많이 사용하고 있으나 (Lee et al, 2002), 이들의 유실로 토양비옥도 유지가 어렵고 수계 오염 우려도 있다.

경작지 토양유실에는 강우, 토양 침식성, 경사도, 관리방법, 재배작물 등의 인자가 관여 (Stone and Hilborn, 2000)하므로 강우에 의한 토양의 유실을 방지하기 위해서는 빗방울의 타격력, 흐르는 물의 속도 및

토양표면의 침식성을 줄여야 한다 (Chang and Yun, 1994). 경사지에서 토양의 유실을 줄이는 경종적 방법으로 등고선재배, 초생재배, 부초법, 무경운 재배 또는 토양 입단을 촉진시키는 고분자화합물의 토양처리 (Yu et al, 2003) 등이 있으며, 계단이나 승수로 설치 등의 토목공학적 방법이 있으나 경비가 많이 드는 단점이 있다.

고랭지배추 재배지에서 작물피복으로 토양유실을 줄이고자 시도되었다. Lim (2002)은 긴병꽃풀로 피복하여 토양유실을 줄일 수 있다고 하였으며, Kang et al (1999)도 나지기간 동안 호밀을 피복재배하여 연간 약 13톤/ha의 토양유실을 줄일 수 있다고 보고하였다. 고랭지배추 재배지에서 지피성 동반작물은 강원도 고랭지가 작물 생산의 기지로서의 역할 뿐 아니라 소비자들에게 불거리를 제공하는 한편 토양유실을 방지하고 생태계를 잘 보전할 수 있는 등 친환경적 재배를

접 수 : 2007. 10. 8 수 리 : 2007. 10. 28

*연락처 : Phone: +82333301820,

E-mail: kwanbi2n@rda.go.kr

하는데 매우 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

배추재배지에 도입할 수 있는 식물은 토양유실을 최소화할 수 있도록 일년 내내 토양피복이 가능하며, 배추와의 양분이나 광 경합이 없고 병해충의 발생에 영향을 미치지 않아야 한다. 이에 적합하다고 판단되어 새로이 선발된 지면패랭이를 도입했을 때의 피복률 변화, 경사도별 토양유실 및 비료유실 등을 검토하였다.

재료 및 방법

고랭지배추 재배지 토양보전을 위하여 도입가능할 것으로 판단되어 평가된 지피식물 애기기린초 (*Sedum middendorffianum*), 범의귀 (*Saxifraga laciniata*), 지면패랭이 (*Phlox subulata*), 긴병꽃풀 (*Glechoma hederacea var. longituba*) 등 4종의 작물 중에서 지면패랭이와 긴병꽃풀이 도입가능성이 높았다 (Kim et al, 2006). 선발된 두 피복작물의 피복도에 따른 경사도별 토양 및 비료 유실저감 효과와 잡초발생 억제효과를 알아보기 위하여 간이 무저 라이시미터에서 수행하였다 (Fig. 1).

식양질계 산성갈색삼림토인 차항동의 배추재배지에 폭 2 m, 경사장 5 m이고 경사도가 5, 15 및 30%인 간이 무저 라이시미터를 설치하고 2000 L의 유거수 채취통을 두어 강우 시의 유거수량과 토양 유실량을 조사하였고, 유거수 중의 질산태 질소 함량을 측정하여 강우에 의한 질소 유실량으로 환산하였다. 주작물로 배추를 2006년 6월 21일에 60 cm × 30 cm의 간

격으로 정식하였으며, 지면패랭이와 긴병꽃풀의 상시 피복처리구는 2005년에 6월에 정식하여 지상부가 대부분 지피었던 구의 월동한 식물체를 그대로 이용하였으며, 상시피복처리구는 지피식물이 완전하게 피복된 곳에 배추를 정식했을 때의 토양보전 효과를 알아보기 위한 처리구이며, 동반정식 처리구의 지피식물은 200공 플러그묘 판에 육묘된 초장 10 cm 내외의 동반작물을 약 20 cm × 20 cm의 간격이 되도록 배추와 함께 정식하였으며, 동반정식처리구는 배추와 지피식물을 동반정식했을 때의 토양보전 효과를 알아보기 위한 것이다. 잡초 발생량은 정식시에 잡초를 뽑아 없앤 뒤 30일이 경과한 때인 7월 21일에 제초하여 단위면적당 생체증량으로 나타내었다. 동반작물이 성장함에 따라 경시적으로 초장, 엽수, 엽폭 등 생육과 동반작물과 배추에 의한 피복도를 조사하였다. 피복도는 일정면적의 종이를 작물 위에 고정하고 사진을 찍어 면적비로부터 산정하였다 (Kim et al, 1995). 또한 배추단독 정식, 동반정식 및 상시피복정식시의 배추의 수량성을 평가하기 위해서 8월 25일에 구의 무게를 조사하였다.

결과 및 고찰

라이시미터에서 지피성 동반작물 지면패랭이와 긴병꽃풀을 배추와 같이 재배하면서 경사도별 토양유실량, 양분유실량 등을 조사하였다 (Table 1).

유거수량 및 토양 유실량은 경사도가 증가할수록 많아져 경사도 5%에서 각각 1.6 km³ ha⁻¹ 및 1.5 ton

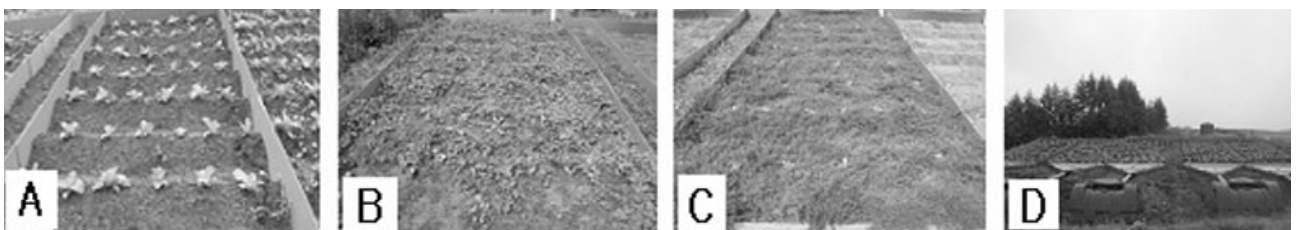


Fig. 1. Chinese cabbage transplanted with cover crops in the simple lysimeter on the 21th of Jun. 2006 (A: Simultaneous transplanted with Chinese cabbage and cover crop; B and C: Chinese cabbage transplanted in living mulching ground with *Glechoma hederacea var. longituba* and *Phlox subulata*, respectively; D: lysimeter)

Table 1. Soil loss, runoff and loss of nitrate N with different land slopes in Chinese cabbage cultivated highland.

Slope	Soil Loss	Runoff [†]	S/R ratio	Rate of runoff	Loss of nitrogen
%	S, ton ha ⁻¹	R, km ³ ha ⁻¹	ton km ⁻³	%	kg NO ₃ ⁻ -N ha ⁻¹
5	1.5	1.6	0.9	23.6	1.0
15	2.5	1.8	1.4	27.7	1.1
30	20.3	2.0	10.2	28.5	2.7
LSD(5%)	17.3	NS	0.5	NS	NS

[†] Area of plot: 10m², Rainfall during experiment period: 103 mm.

NS : no-significance.

Table 2. Effect of companion planting on soil erosion, runoff and loss of nitrate nitrogen in Chinese cabbage cultivated highland.

Companion planting	Soil Loss	Runoff [†]	S/R ratio	Rate of runoff	Loss of nitrogen
	S, ton ha ⁻¹	R, km ³ ha ⁻¹	ton km ⁻³	%	kg NO ₃ ⁻ -N ha ⁻¹
Control	20.8	2.7	7.7	26.4	2.1
A Phlox subulata	10.5	2.7	3.9	18.7	1.5
Glechoma hederacea	8.9	2.7	3.3	26.3	2.2
B Phlox subulata	0.1	0.5	0.2	5.2	0.4
Glechoma hederacea	0.2	0.4	0.5	3.6	0.2
LSD(5%)	20.1	0.5	NS	12.2	1.2

[†] Area of plot: 10m², Rainfall during experiment period: 103 mm.

NS : no-significance.

Control: Chinese cabbage without cover crop, A: Simultaneous transplanted with Chinese cabbage and cover crop, B: Chinese cabbage transplanted in live mulching ground with *Phlox subulata* or *Glechoma hederacea* var. *longituba*.

ha⁻¹인 반면 경사도 30%에서 2.0 km³ ha⁻¹ 및 20.3 ton ha⁻¹ 으로 가장 많았으며 유출률에서도 같은 경향을 보였다.

이와 같은 결과는 경사가 심할수록 유출량의 증가는 완만하나 토양유실량과 유출강도는 경사가 심하여 질수록 현저히 증가하였다는 보고 (Jung et al, 1976; Lee et al, 2004)에서 밝혔다. 강우시의 토양 및 질소 유실은 지피성 동반작물처리구에서 매우 감소되었는데, 토양 및 질소유실이 무지피에서는 20.8 ton ha⁻¹, 2.1 kg NO₃⁻-N ha⁻¹, 배추단독으로 재배되거나 배추와 동시에 정식된 동반정식처리구에서는 8.9~10.5 ton ha⁻¹, 1.5~2.2 kg NO₃⁻-N ha⁻¹이었으나 긴병꽃풀이나 지면피랭이 상시피복구에서는 0.1~0.2 ton ha⁻¹, 0.2~0.4 kg NO₃⁻-N ha⁻¹로 낮아져, 지피작물에 의한 토양 및 비료 유실저감 효과가 매우 높았다 (Table 2). 이는 지표가 피복되어 있으면 지하 침투량이 증가하여 유거량이 현저히 줄어들었고 (Ahn et al, 2004), 지면 피복도가 증가하여 강우에 의한 타격정도가 감소하므로써 토양침식이 줄어든 때문으로 판단된다 (Wainwright et al, 2000). 강우에 의한 토양의 침식과 유실은 강우타격에 의한 입자의 비산 후 유거수의 흐름에 의해 토양침식이 일어나므로, 지피식물에 의한 지표면 피복은 토양침식을 줄이는데 매우 큰 역할을 할 수 있음을 의미한다. Lee et al (2007)도 피복률이 높아져 토양침식 정도에 관여하는 수관피복인자가 낮아지므로 토양유실을 줄일 수 있음을 보고하였다. 연구를 수행한 시기인 6월~7월의 고랭지배추 재배지는 일반적으로 지표면이 피복되지 못한 시기이기 때문에 토양침식에 의해 작도가 유실되기 쉬운 상태이다 (Yun et al, 1996). 따라서 지피식물을 배추와 동반정식할 경우, 강우가 많은 이 시기에 지표면을 충분히 피복할 수 없으므로, 일년 내내 지면을 피복할 수 있는 피복작물을 사용함을 알 수 있다.

Figure 2는 지피성 동반작물의 처리별 경시적 피복률 변화를 나타낸 것이다. 지면피랭이의 상시피복구는 배추 정식기나 종료기까지 100%의 피복도로 거의 동일한 상태로 유지되었으며, 긴병꽃풀은 봄 철에 지상부가 성장하기 시작하여 점점 피복도가 높아져 수확기 즈음에는 100%의 피복률을 보인 반면, 배추와 동시에 정식한 피복구는 배추에 의한 피복률을 상회하지 못하였다.

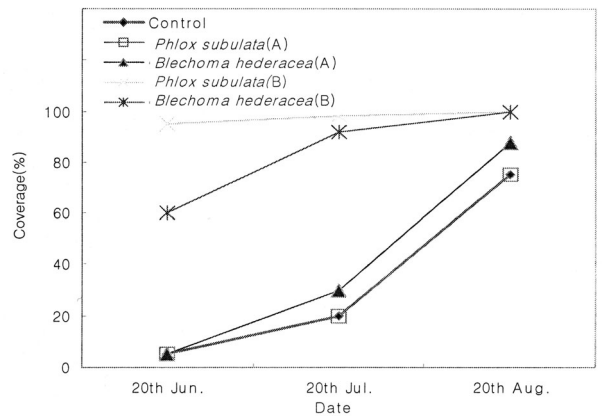


Fig. 2. Change in soil coverage rate by Chinese cabbage and Chinese cabbage intercropped with cover crop. (Control, A, B: See Table 2).

Jung et al (1976)은 6, 7월에 토양침식이 큰 것은 강우의 집중 뿐 아니라 동작물을 수확한 후 하작물을 파종한 시기로 지표면의 피복이 충분하지 못하여 적은 강우에 의하여도 쉽게 토양이 유실되기 때문이라 하였는데, 경사지에서의 지면 피복도에 따라 강우시 토양유실에 크게 달라진다는 사실을 밝혔고, 또한 나 지기간 동안의 피복의 필요성을 강조하였다 (Jung et al, 1999).

또한 배추만 단독으로 재배했을 경우에 비해 지피

성 동반작물에 의한 피복률의 차이는 토양 및 양분유실저감효과 이외에 잡초발생에도 큰 차이를 보였다 (Fig. 3).

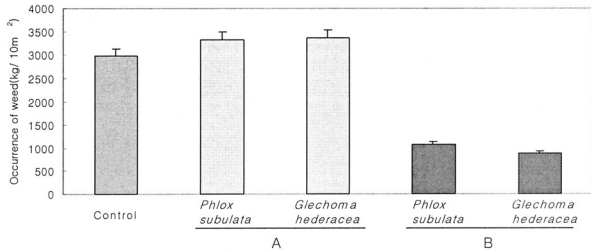


Fig. 3. Weed mass (fresh weight) occurrence for one month from transplanting day (21th Jun. 2006) in the lysimeter cultivated with Chinese cabbage only and Chinese cabbage with cover crops. Control, A, B : See Table 2.

처리구에 발생한 잡초종은 주로 미국가막사리와 피였는데, 지피식물이 대부분 피복된 처리구인 상시피복처리구에서는 이들 잡초의 발생을 무지피에 비해 약 70% 정도 억제되었다. 잡초방제를 위한 초생재배의 초종으로는 발생량이 많고 피복도가 높아 잡초가 발생할 시간적, 공간적 여유를 주지 않는 초종이 바람직하다고 한 Jung et al (1998)의 보고처럼 상시피복처리구는 피복률이 약 100%였기 때문에 잡초발생 억제효과가 크지 않았나 생각된다. Park et al (2003)도 과원초생재배에 긴병꽃풀을 이용하면 잡초발생을 크게 억제할 수 있었다고 하였다. 지면패랭이에서 분비되는 물질은 잡초 발생억제 알렐로파시 활성이 높아 잡초 억제효과가 있다고 하나 (Shiraishi et al, 1999) 본 연구의 잡초발생억제는 대부분 피복에 의한 잡초종자 발아 및 생육 억제효과가 아닌가 판단된다. 한편 지피성 동반작물 지면패랭이와 긴병꽃풀을 배추와 같이 재배하더라도 배추의 생육에는 크게 영향을 미치지 않아 관행(배추 단독재배)와 대등한 구증을 보였

다 (Fig. 4). 지피성 동반작물의 피복에 의해 배추의 생육이 나빠지지 않고 통계적으로 유의성은 없으나 오히려 무지피구보다 지피성 동반작물처리구에서 다소 높은 경향을 보였는데, 이는 2005년에 수행한 결과와도 유사하여 (Kim et al, 2006) 지피성 동반작물에 의한 양분유실 저감, 건조시의 토양수분 유지 또는 고온기의 지온 하강 등의 효과가 종합적으로 나타난 결과가 아닌가 판단된다.

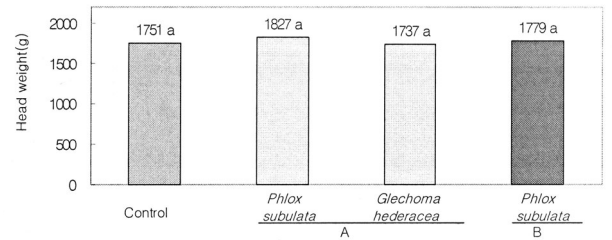


Fig. 4. Head weight of Chinese cabbage and Chinese cabbage intercropped with cover crops. (Transplanting date of Chinese cabbage: 21th of Jun. 2006. Harvesting date of Chinese cabbage: 21th of Aug. 2006. Control, A, B: See Table 2).

Figure 5는 배추 수확 후 지피성 동반작물인 긴병꽃풀과 지면패랭이에 의한 지피정도를 나타낸 사진이다. 상수원 수계이면서, 경사지가 많고 나지기간이 길어 강우시 토양 및 비료유실이 많은 것 (Jung et al, 1999)으로 알려진 고령지 지역 배추재배지에서의 지피식물은 상수원 수계 흙탕물 저감은 물론 고령지 밭의 지력을 유지하고, 잡초발생을 억제하는 등의 효과가 크므로 (Iqbal et al, 2004), 이 지역의 친환경적인 재배기술로 이용가능성이 매우 높은 것으로 판단되었다. 지면패랭이는 경관성 향상은 물론 일본에서는 논뚝을 지면패랭이로 피복하여 잡초억제와 노린재의 서식공간을 줄여 반점미 발생을 억제하는데 이용하기도 한다 (Fuchigami and Hiroyuki, 1998).



Phlox subulata



Glechoma hederacea

Fig. 5. Ground coverage of cover crops after harvest of Chinese cabbage.

특정식물은 특정의 이차대사산물을 고농도로 함유하고 있고 착생미생물에 의해 축적대사산물이 변화되고 이들에 의해 미생물의 생물환이 변경되거나 식생이 변천할 가능성 (Hashidoko, 1997)과 작물에 의해서도 토양미생물에 크게 영향 하는 것 (Yun et al, 1999) 그리고 토양 중에서 어떤 물질이 다른 식물체에 영향을 미치기까지 토양에서의 이동 중 흡착, 분해는 토양의 조건에 따라 좌우되므로 (Kobayashi, 2004), 작물체 뿌리에 최대한 근접하도록 하는 것이 효과가 있다는 사실에 비추어볼 때 재배작물과 다른 물질을 내는 동반작물을 적용하는 재배 방식은 생태환경의 변화를 통하여 연작에 의해 다발하는 병발생을 제어하는 새로운 차원의 친환경적 재배기술로 유망할 것으로 기대된다.

적 요

고랭지 경사밭에서 동반작물의 토양보전효과를 알아보기 위하여 고랭지 배추재배지에 지면패랭이, 긴병꽃풀 등 지피성 동반작물을 배추와 동반정식, 상시피복정식, 배추단독정식 시, 이들에 의한 피복률 변화, 토양 및 양분유실, 잡초억제 정도를 조사하였다. 지면패랭이의 상시피복구는 배추 정식기에서 종료기까지 100%의 피복률을 보였다. 긴병꽃풀은 정식초기 10%의 피복률이 수확기에는 100%에 이르렀으나, 배추와 동시에 정식한 피복구는 약 60%로 배추에 의한 피복률을 크게 상회하지 못하였다. 토양 및 질소유실이 무지피에서는 20.8 ton ha⁻¹, 2.1 kg NO₃⁻-N ha⁻¹, 배추단독으로 재배되거나 배추와 동시에 정식된 동반정식처리구에서는 8.9~10.5 ton ha⁻¹, 1.5~2.2 kg NO₃⁻-N ha⁻¹이었으나 긴병꽃풀이나 지면패랭이 상시피복구에서는 0.1~0.2 ton ha⁻¹, 0.2~0.4 kg NO₃⁻-N ha⁻¹로 낮아져, 지피작물에 의한 토양 및 비료 유실저감 효과가 매우 높았다. 이들의 피복은 잡초발생을 약 70% 억제하였다.

따라서 지면패랭이의 이용은 잡초발생억제는 물론 토양유실 및 비료유실을 줄일 수 있어 고랭지배추 재배지에서 환경보전에 크게 기여할 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

Ahn, M.S., D.Y. Kim, K.P. Hong, and J.D. Choi. 2004. Study on reduction of soil loss and suspension of soil. Research Report. pp. 297-307. Gangwondo Agricultural Research and Extension Services. Chunchon, Korea.

Chang, N.K., and S.M. Yun. 1994. The soil and mineral nutrient erosion on the flows of vegetations. Kor. Turfgrass Sci. 8(3):149-165.

Fuchigami, S., and E. Hiroyuki. 1998. Control of *Hemiptera* and

suppression of weed occurrence by moss phlox (*Phlox subulata*). Field Report 81. Pref. Fukui. Japan.

Hashidoko, Y. 1997. Turnover and expression of second metabolic products of plant by epiphytic microflora. Proceeding of Research forum on management of vegetation pp. 58-64. NIES. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Japan.

Iqbal, Z., A. Furubayashi, and Y. Fujii. 2004. Allelopathic effect of leaf debris, leaf aqueous extract and rhizosphere soil of *Ophiopogon japonicus* Ker-Gawler on the growth of plants. Weed Biology and Management 4:43-48.

Jung, J.S., J.D. Lee, Choi, and J.D. Cheung. 1998. A study on sod culture using water foxtail (*Alopecurus aequalis* var. *amurensis*) in apple orchard. J. Kor. Soc Weed Sci. 18(2):128-135.

Jung, Y.S., J.S. Shin, and Y.H Shin. 1976. Runoff and soil loss on newly reclaimed upland. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 9(1):9-16.

Jung, Y.S., J.S. Shin, and Y.H Shin. 1976. Erodibility of the soils of Korea. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 9(2):109-115.

Jung, Y.S., Y.K. Kwon, H.S. Lim, S.K. Ha, and J.E. Yang. 1999. R and K factors for an application of RUSLE on the slope soils in Kangwon-do, Korea. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 32(1):31-38.

Kang, Y.G., J.H. Ahn, G.J. Lee, and Y.G. Kwon. 1999. Conservation of slopped upland by cover crops. Research Report. pp. 73-76. National Institute of Highland Agriculture. RDA. Pyeongchang, Korea.

Kim, K.D., M. Kwon, Y.N. Yun, C.G. Kim, H.C. Ok, J.T. Lee, and S.W. Hwang. 2006. Evaluation of companion planting with cover crop in Chinese cabbage cultivated highland. Research Report. pp. 73-76. National Institute of Highland Agriculture. RDA. Pyeongchang, Korea.

Kim, W.S., K.Y. Huh, D.W. Lee, and J.S. Lee. 1995. Effects of controlled shading on the growth and ground-covering ability of *Wedelia robusta* and *Vinca minor* J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36(4):588-594.

Kobayashi, K. 2004. Factors affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. Weed Biology and Management 4:1-7.

Lee, G.J., C.S. Park, J.T. Lee, Y.I. Jin, C.S. Lee, K.Y. Shin, and S.W. Hwang. 2004. Study on nutrient balance of upland in highland. Research Report. pp. 579-583. National Institute of Highland Agriculture. RDA. Pyeongchang, Korea.

Lee, H.H., S.K. Ha, S.H. Hur, K.H. Jung, C.W. Park, and K.H. Kim. 2007. Characteristics of soil water runoff and canopy cover subfactor in slopped land with different soil textures. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 40:131-135.

Lee, C.S., G.J. Lee, J.T. Lee, K.Y. Shin, J.H. Ahn, and H.J. Cho. 2002. Status of fertilizer applications in farmers' field for summer Chinese cabbage in highland. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 35(5):306-313.

Lim, S.H. 2002. Development of eco-agriculture using native plant in slopped upland. Research Report. Gangwondo Agricultural Research and Extension Services. Chunchon, Korea.

Park, Y.S., I.J. Kim, and J.Y. Choi. 2003. On site experiment about management of orchard by *Glechoma hederacea* live mulching. Research Report. pp. 219-221. Gangwondo Agricultural Research and Extension Services. Chunchon, Korea.

- Shiraishi, S., I. Watanabe, K. Kuno, and Y. Rujii. 1999. Screening of ground cover for weeds management by allelopathy. *J. Weed Sci. Tech.* 44 (supplement) 174-175.
- Song, D.Y., S.B. Lee, K.Y. Seong, Y.C. Ku, and B.Y. Hur. 1997. Development of technology of weed control in corn cultivation upland by cover crop clover. *proceeding of Kor. Soc. Weed Sci.* pp. 56-58.
- Stone, R.P. and Don Hilborn. 2000. Universal soil loss equation (USLE). <http://www.gov.on.ca.OMAFRA>.
- 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.
- Yu, Jian, T. Lei, I. Shainberg, A.I. Mamedow, and G.J. Levy. 2003. Infiltration and erosion in soils treated with dry PAM and gypsum. *Soil Sci. Soc. Ame. J.* 67:630-636.
- Yun, B.K., P.K. Jung, S.J. Oh, and I.S. Ryu. 1996. Effect of compost application on soil loss and physico-chemical properties in lysimeter. *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 29:336-341.
- Yun, S.Y., J.J. Kim, J.W. Yang, Y.S. Jung, and J.D. Choi. 1999. Microflora of Daekwallyeong highland soil. *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 32(3):312-318.