



고랭지 밭의 비점오염부하 저감을 위한 지표피복재와 토양개량제의 효과

Effects of Surface Cover and Soil Amendments on the NPS load Reduction from Alpine Fields

원철희* · 신민환* · 이수인* · 금동혁* · 임경재* · 최중대*†

Chul-hee Won · Min-hwan Shin · Su-in Lee · Dong-hyuk Kum · Kyoung-jae Lim · Joong-dae Choi

ABSTRACT

We investigated the effect of straw mat cover and soil amendments on the reduction of runoff, non-point source pollution load and yield of a Chinese cabbage from alpine fields. Two plots on sandy loam soil were prepared. Experimental treatments were control and rice straw mat cover (3,300 kg/ha)+Polyacrylamide (PAM) (5 kg/ha)+Gypsum (1 ton/ha) (SPG). A variety of Chinese cabbage was cultivated and runoff was monitored during a growing season in 2012. Monitoring was conducted to seven times. Runoff rate of SPG plot was lower than those of control plot. The reduction rate of runoff from SPG plot was 29.4 % compared to control plot. The reduction rate of suspended solids (SS), total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) load of SPG plot was 86.5 %, 34.7 % and 39.1 %, respectively. Yield of a Chinese cabbage from SPG plot (39,646 kg/ha) was greater than that of control plots (28,482 kg/ha). It was concluded that the use of SPG on soil surface could not only reduce the NPS pollution loads in receiving waters but also help increase the crop yield.

Keywords: Gypsum, Polyacrylamide, Rice straw mats cover, Runoff

I. 서 론

국내의 대표적 고랭지 농업지역인 도암댐 유역은 강우시 토양의 침식과 더불어 고농도의 탁수가 발생하고 있다 (Choi et al., 2012). 이에 정부는 이 지역을 비점오염 관리지역으로 지정하여 저감사업을 진행하여 오고 있다. 그러나 이들 저감사업의 대부분은 발생 후 대책으로서 농경지에서 유실되는 토양과 비점오염 물질의 근본적인 제어에는 분명한 한계가 있다. 특히 탁수를 유발하는 토양유실은 강수요인 (강수량, 강우 지속시간, 강우강도) 과 영농조건 (재배작물, 경운방법) 그리고 환경조건 (경사도, 토성) 등의 영향을 받기 때문에 (Choi, 1997; Choi et al., 2000) 비점오염저감사업과 같은 발생 후 대책보다는 발생원에서 토양 유실을 제어할 수 있는 대책이 보다 효율적일 수 있다. 미국의 경우 농경지에서 토양유실 및 이로 인해 발생하는 비점오염물질을 효과적으로 제어할 수 있는 최적관리방법 (best management practices, BMPs)에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 대표

적인 방법으로는 완충식생대, 등고선 경작, 멀칭, 녹비작물재배, 경작방법, 재배작물전환, 지표피복 등이 있다 (Rural Research Institute, 2012). 국내에서는 농업잔재물인 볏짚을 이용한 지표 피복 연구 (Shin et al., 2009; Won et al., 2011; 2012; 2013)가 일부 연구자들에 의해서만 수행되어 오고 있다. 이들에 따르면 볏짚저적을 피복 시 부유성 물질이 볏짚저적 사이에 걸리거나 흡착되어 suspended solids (SS)의 저감율이 높게 나타났다. 또한 토양개량제인 PAM과 Gypsum의 토양의 표면을 견고하게 한 효과가 복합적으로 고려되어 나타난 것으로 탁수가 많이 발생하는 시기에 본 방법을 적용할 경우 탁수를 비롯한 비점오염물질의 제어에 큰 효과를 보일 것으로 판단된다. 그러나 이들의 연구는 주로 실내·외의 인공강우 조건이나 시험포 수준에서 수행된 결과로서 실경작지에서 자연강우 시 연구된 결과는 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 고랭지 실 경작지를 대상으로 볏짚저적 과 토양개량제가 강우유출수량과 비점오염부하의 저감 그리고 생산성에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 시험 경작지

시험포는 강원도 평창군 대관령면의 고랭지 경작지 (북위 37°

* 강원대학교 농업생명과학대학 지역건설공학과

† Corresponding author Tel.: +82-33-250-6464

Fax: +82-33-259-5560

E-mail: jdchoi@kangwon.ac.kr

2013년 9월 13일 투고

2014년 5월 12일 심사완료

2014년 5월 14일 게재확정

42°07', 동경 128°40'15")에 위치하고 있으며, 대조구 (Control) 시험포와 벚짚거적과 토양개량제를 처리한 시험포 (Straw mat cover + PAM + Gypsum, SPG)를 각각 1구씩 조성하였다 (Fig. 1). 농경지를 기준했을 때 SPG 시험포가 상부에 위치하며, 그 하단에 대조구 시험포를 위치시켰다. 대조구는 1,971 m² (49.3 m×40 m)의 면적과 9.0 %의 경사로 계획하였으며, SPG 시험포의 면적과 경사도는 각각 1,584 m² (49.5 m×32 m)와 10.8 %로 조성하였다. 실험처리의 효과는 면적과 경사도가 동일한 대조구 시험포에서 얻어진 결과와 비교할 때 보다 정확히 측정될 수 있다. 그러나 본 연구에서 경사도는 대조구 시험포에서 1.7 %가 크게 나타났는데, 이는 실 경작지를 대상으로 평탄화와 같은 인위적인 작업을 실시하지 않고 구역만을 나누어 시험포를 조성하였기 발생한 차이이다. 왜냐하면 동일한 농경지에서도 경사도는 좌·우가 다르고 상부와 하부가 다르기 때문이다. 면적의 경우 강우시 유출수의 흐름과 장비 설치를 고려하여 구역만을 나누다 보니 대조구가 다소 크게 조성되었다. 시험포가 조성된 경지의 토성은 사질양토 (Sandy loam)이다.

2. 실험처리

Control 시험포는 경운 후, 물 빠짐이 용이하게 배수로에 수

직인 방향으로 이랑 및 두둑을 조성하였다. SPG 시험포는 control 시험포와 동일한 방법으로 경지를 조성한 후, 벚짚거적과 토양개량제를 이용하여 실험처리를 하였다. 벚짚거적의 사용량은 Won et al. (2011)과 유사한 양 (3.3 ton/ha)을 사용하였으며, 토양개량제인 PAM (polyacrylamide)과 Gypsum은 Won et al. (2013)의 연구와 동일한 제품으로 동일한 양을 사용하였다. PAM (Soilfix G1, Ciba Chemical Co., Germany)과 Gypsum (NAMHAE Chemical, Korea)은 각각 5 kg/ha과 1 ton/ha을 사용하였다. 벚짚거적과 PAM 그리고 Gypsum은 경운 후, 즉시 경지에 적용하였는데, PAM과 Gypsum을 살포한 후에 벚짚거적을 시험포에 도포하였다.

3. 작물 재비 및 시비

비료는 고랭지 배추의 시비기준 (National Academy of Agricultural Science, 2010)인 질소 8.3 kg/10a, 인산 3.0 kg/10a, 칼리 3.9 kg/10a에 준하여 기비하였으며, 토양의 산성화를 방지하기 위하여 석회 200 kg/ha를 추가적으로 시비하였다. 또한 웃거름으로 질소함량 18 %인 수퍼 NK (NAMHAE Chemical, Korea)를 8월 초에 추비하였다. 배추는 벚짚거적과 토양개량제를 실험 처리한, 6월 20일에 정식하여 8월 27일에 수확을 하였다. 배추의 품

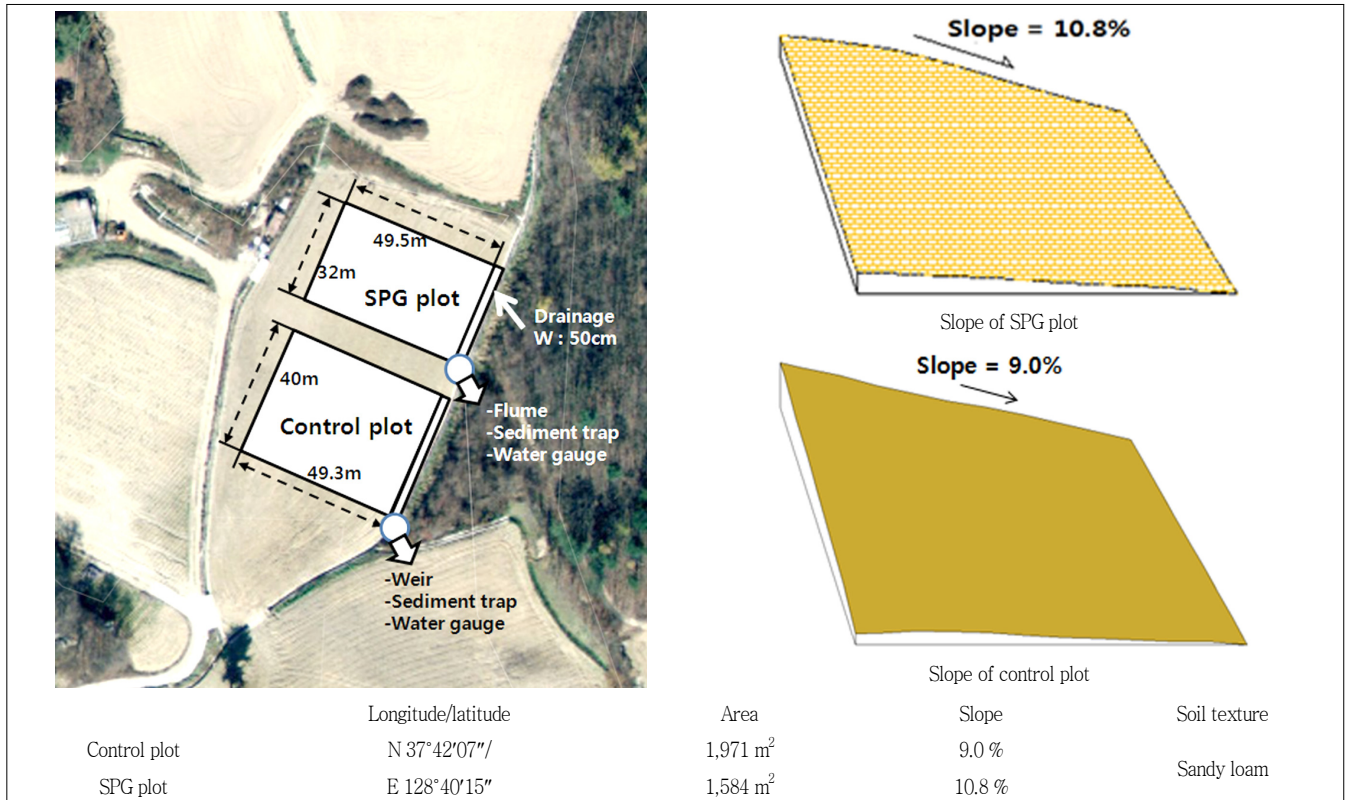


Fig. 1 Schematic diagram of experimental plots

중은 고랭지 여름배추인 CR안삼배추로서 생육기간은 약 65일이다.

4. 모니터링 및 분석

모니터링은 배추를 정식하고 수확 전까지 모든 강우사상에 대하여 실시하였으며, 분석은 유출이 발생한 강우사상만을 대상으로 하였다.

강우시 유출량을 측정하기 위하여 시험포 우측 부분에 폭 50 cm의 흙 배수로를 두어 강우유출수가 한곳으로 모이도록 하였다. Control 시험포의 유량은 배수로 하단에 삼각웨어와 수위계(Thalimedes, Germany)를 이용하여 측정된 수위와 단면적을 이용하여 산정하였다. SPG 시험포에는 90 cm×30 cm×25 cm(L×B×H) 크기의 플룸과 수위계를 설치하였으며, 미리 캘리브레이션 한 수위-유량 곡선을 이용하여 유량을 산정하였다. Control과 SPG 시험포 모두 수위는 5 분 간격으로 측정하였다.

비점오염부하 산정에 필요한 오염물질의 농도를 분석하기 위한 시료는 자동채수기(ISCO 3700 automatic water sampler, USA)를 이용하여 1시간 간격으로 채수하였으며, 고랭지 농업 지역에서 발생량이 많은 SS, TN 그리고 TP를 수질공정시험법(Ministry of Environment, 2001)에 따라 분석하였다. 비점오염부하는 강우사상평균농도(event mean concentrations)와 유량을 이용하여 산정하였으며, control 시험포 대비 SPG 시험포의 비점오염저감효과를 평가하였다.

시험포별로 배추의 생산량을 조사하여 벗짚거적과 토양개량제의 효과를 간접적으로 분석하였다. 배추는 영농조합에서 수확하였으며, 시험포별로 무게를 측정하여 control 시험포 대비 SPG 시험포의 증산량을 산정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 유출량

모니터링은 총 7회를 실시하였다. 그러나 2012년 8월 12일에 발생한 강우사상은 SPG 수위계의 전원문제로 인하여 수위가 측정되지 않았기 때문에 유출량의 비교·분석은 총 6회의 강우를 대상으로 실시하였다. Table 1에는 control 시험포와 SPG 시험포의 강우사상별 유출량과 유출율 그리고 control 시험포 대비 SPG 시험포의 유출 저감율을 산정하여 제시하였다. 연구기간 동안 강우량은 18.0~99.5 mm의 범위로 조사되었으며, 평균 강우강도는 1.7~6.1 mm/hr 그리고 최대 강우강도는 6.5~22.5 mm/hr로 분석되었다. 첫 번째 강우사상(7월 15일)의 경우 실험처리별 강우 유출율을 살펴보면 control 시험포에서는 40.3 %로 조사되었으며, 벗짚거적을 피복한 SPG 시험포의 유출

율은 32.8 %로서 control 시험포 대비 18.6 %가 저감되었다. 추후의 강우사상에서도 SPG 시험포의 유출율이 control 시험포보다 낮게 나타났으며, 강우사상에 따라 11.8~71.5 %의 유출량이 저감된 것으로 나타났다. 그러나 강우사상별 강우량 및 강우강도에 따라 구분되어지는 유출량 저감의 특성은 명확히 나타나지 않았다. 따라서 누적강우량에 따른 특성을 분석하였다.

개별 강우사상이 아닌 누적강우사상에 기초했을 때, control 시험포의 유출량과 유출율은 각각 281.6 m³과 38.3 %로 나타났으며, SPG 시험포의 유출량과 유출율은 각각 163.0 m³과 27.0 %로서 control 시험포 대비 유출율은 29.4 %가 저감된 것으로 조사되었다. 이는 지표피복재와 토양개량제의 복합적인 효과로 판단되며(Won et al., 2013), 지표 피복 또는 작물의 잔재물을 이용하는 무경운 농법의 경우, 피복으로 인하여 빗물의 이동이 느려지고 침투능이 증가하여 나타난 결과로 사료된다(Locke, 2008). 또한 본 연구와 유사한 경사도 9 %의 시험포에서 작물의 잔재물이 피복된 무경운 농법의 효과를 검증한 Tiscareno-Lopez et al. (2004)의 연구에서도 유출량은 control 시험포 대비 46~77 %가 감소하는 것으로 나타났다.

본 연구와 동일한 소재의 지표피복재와 토양개량제를 이용하여 인공강우 실험(경사도 10 %, 강우강도 30 mm/hr)을 한 Won et al. (2012)의 유출율(약 20 %)보다 다소 높게 나타났으며, 유출 저감율은 70~80 %로서 본 연구와 큰 차이를 보였다. 또한 고랭지 실 경작지를 모의한 Won et al. (2013)의 연구에서 SPG의 유출율 1.6~1.8 %로서 control 시험포 대비 유출 저감율은 70~90 %로서 실내에서 수행된 Won et al. (2012)의 연구와 유출 저감을 측면에서 유사한 결과를 보였으나, 본 연구와는 많은 차이를 보였다. 이는 고랭지 실 경작지를 모의하기 위하여, 토양상자 또는 시험포를 조성하여 수행한 연구와 실제 고랭지 농경지를 대상으로 한 연구의 차이에서 비롯된 것으로 판단된다.

강수조건(강우량, 강우강도, 최대강우강도)이 강우유출에 미치는 영향을 조사하였다. 일반적으로 강우강도 또는 최대강우강도가 클수록 유출량이 증가하여 유출저감율이 낮아질 수 있다. 그러나 본 연구에서 평균 강우강도와 유출저감율 사이의 유의성이 없는 것으로 조사되었으며, 최대 강우강도 역시 유의성이 적은 것으로 나타났다(Fig. 2). 오히려 강우량과 유출저감율이 95 %의 신뢰구간에서 높은 상관성을 보였으며, 결정계수 R²는 0.9531로 나타났다(Fig. 3). 또한 Shin et al. (2012)의 연구 결과와 비교 시에도 강우량과 유출저감율 사이의 유사한 상관관계를 얻을 수 있었다(Fig. 3). 그러나 본 연구의 결과는 현지 여건상 한정된 강우조건에서 수행된 관계로 강우강도의 영향이 충분히 고려되지 못하였을 수도 있다. 따라서 실경작지를 대상으로 보다 다양한 조건에서 연구가 지속되어야 할 것으로 판단된다.

Table 1 Runoff rate and reduction rate with respect to experimental treatment

Date	Rainfall (mm)	Rainfall intensity/Maximum rainfall intensity (mm/hr)	Experimental treatment	Runoff (m ³)	Runoff rate (%)	Reduction rate compared to control plot (%)
2012.07.15	82.0	1.9/16.5	Control	63.8	40.3	-
			SPG	42.6	32.8	18.6
2012.07.18~19	37.5	3.6/11.5	Control	33.2	45.8	-
			SPG	12.4	20.9	54.5
2012.08.12	60.0	6.1/22.5	Control	25.0	21.6	-
			SPG	-	-	-
2012.08.15	18.0	3.3/6.5	Control	15.4	44.3	-
			SPG	3.6	12.6	71.5
2012.08.22~23	61.0	1.7/12.0	Control	29.7	25.2	-
			SPG	14.0	14.5	42.5
2012.08.30	83.0	4.9/18.0	Control	62.5	39.0	-
			SPG	34.7	26.4	32.3
2012.09.16~17	99.5	3.1/8.5	Control	77.0	40.1	-
			SPG	55.7	35.3	11.8
Total	441.0	2.9/22.5	Control	281.6	38.3	-
			SPG	163.0	27.0	29.4

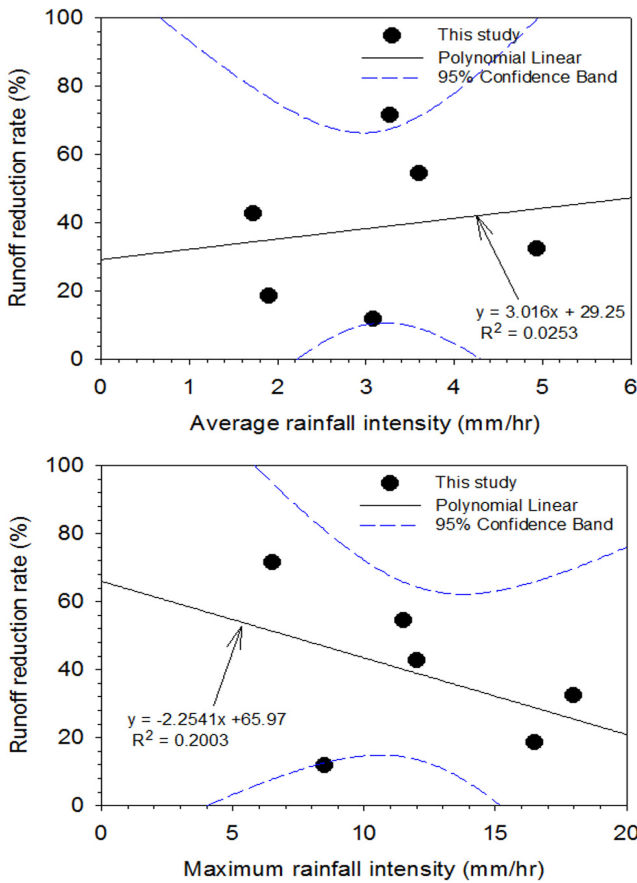


Fig. 2 Correlations of rainfall intensity and runoff reduction rate

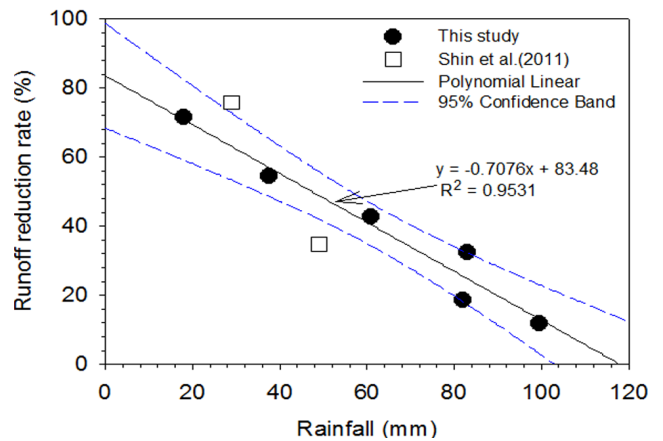


Fig. 3 Correlations of rainfall and runoff reduction rate

2. 비점오염부하량

Table 2에는 강우 시 경지에서 발생하는 유출량과 오염물질의 농도에 기초하여 산정된 시험포별 오염부하량과 control 시험포 대비 저감효율을 나타내었다. 모든 강우사상에서 control 시험포의 비점오염부하가 높게 나타났다. 2012년 7월 15일의 강우 시 control 시험포의 비점오염부하를 살펴보면, SS는 355.1 kg/ha, TN은 9.59 kg/ha, TP는 1.59 kg/ha로 조사되었다. 그러나 벧짚을 피복한 SPG 시험포에서 오염부하량은 SS가 57.2 kg/ha, TN이 5.90 kg/ha 그리고 TP는 1.37 kg/ha로서 control 시험포의 비점오염부하와 비교 시, 각각 83.9 %, 38.5 %, 13.8 %가 저

감되었다. 그러나 이후의 강우사상에서도 유사한 경향을 보였으나, 항목별로 다소 차이를 보였다. 따라서 연구기간 동안의 누적오염부하에 기초하여 재분석을 하였다. 누적오염부하에 기초했을 때, control 시험포의 SS 부하는 1,084 kg/ha, 영양염류인 TN과 TP는 각각 22.3 kg/ha와 5.5 kg/ha로 조사되었다. 그러나 지표피복재와 토양개량제로 실험처리 한 SPG 시험포의 비점오염부하는 SS가 145.9 kg/ha, TN이 14.6 kg/ha, 그리고 TP가 3.3 kg/ha로서 control 시험포 대비 각각 86.5 %, 34.7 %, 39.1 %가 저감되어 빗길거적 및 토양개량제가 비점오염부하의 저감에도 효과적인 것으로 조사되었다. 그러나 경사도 약 3 %에서 유사한 양 (3.1 ton/ha)의 빗길거적을 피복하고 수행된 Shin et al. (2012)의 연구에서 얻어진 저감율 (TN 68.3 %, TP 53.3 %)과 비교할 때, 본 연구에서는 토양개량제 (PAM, Gypsum)를 첨가하였음에도 불구하고 저감율이 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 경사도의 차이에 그 원인이 있는 것으로 보인다. 그러나 본 연구보다 경사도가 약 3 배 큰 경사도 28 %에서 수행된 Won et al (2013)의 연구와 비교 시, 영양염류 저감율 (TN 약 95 %, TP 약 97 %)이 2 배 이상 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과로 판단할 때, 밭에서 발생하는 비점오염부하는 강수조건, 영농조건 그리고 환경조건에 따라 다르며 (Choi, 1997; Choi et al., 2000), 동일한 경사도나 토성에서 수행되어도 지역적인 차이 또는 시험포의 규모에 따라서도 큰 차이가 있는 것으로 판단된다. 따라서

단발성의 실험이나, 실험실 규모의 실험보다는 실경작지를 대상으로 한 지속적인 현장 연구를 통하여 빗길거적과 토양개량제의 효과를 정량화하는 단계가 필요할 것으로 판단된다.

한편 본 연구에서 SS의 저감율은 영양염류 (TN, TP)의 저감율보다 높게 나타났는데, 이는 빗길거적 피복 시, 부유성 물질이 빗길거적 사이에 걸리거나 흡착되어 나타난 결과로 판단된다. 또한 토양개량제인 PAM과 Gypsum이 토양의 표면을 견고하게 한 효과가 복합적으로 고려되어 나타난 것으로 탁수가 많이 발생하는 시기에 본 방법을 적용할 경우 탁수를 비롯한 비점오염물질의 제어에 큰 효과를 보일 것으로 판단된다.

3. 생산성 분석

영농조합에서 수확한 배추의 무게를 달아 control 시험포 대비 SPG 시험포의 생산지수를 평가하였다 (Table 3). 배추의 수확에 앞서 실험처리에 따른 생육상태를 전수 조사하였다. 배추의 성장단계에 따른 생육사진을 Fig. 4에 나타내었다. 정식 초기 배추는 폐색되는 개체수가 없이 성장하였으나, 중기부터는 폐색되는 개체수가 나타나기 시작하였다 (Fig. 4 (b)). 후기에는 control 시험포와 SPG 시험포 공히 전체 개체수의 약 30 %가 성장하지 못하고 썩은 것으로 조사되었다 (Fig. 4 (c)). 이는 배추 성장의 특이한 현상이 아니고 당해연도 기상 및 영농조건에 영향을 판단된다. 따라서 실험처리에 따른 단위 면적당 생산량을 비교 평가하였다. SPG 시험포의 생산량은 39,646 kg/ha로서, control 시험포의 생산량 대비 약 40 %가 증대된 것으로 조사되었다. 또한 SPG 시험포의 배추 생산량은 2012년도 강원도 고령지 농업지역의 배추생산량 3,655 kg/10a (36,550 kg/ha)(Http:// www.kostat.go.kr)와 비교 시 약 8.5 %가 증대된 것으로 조사되었다. 그러나 control 시험포의 생산량은 낮게 나타났다. 이는 영농환경 (시비조건, 경사도, 배추품종 등)의 상이함에서 오는 차이로 판단된다.

배추 수매가와 자재비 (빗길거적, PAM, Gypsum)와 지표피복 시 소요된 인건비를 감안하여 경제성을 평가한 결과, 빗길거적과 토양개량제를 살포한 SPG 시험포에서 약 250 만원/ha의 추가

Table 2 NPS pollution loads and reduction rate of applied experimental treatment plots

Date	Rainfall (mm)	Experimental treatment	NPS pollution load (kg/ha)			Reduction rate compared to control plot (%)		
			SS	TN	TP	SS	TN	TP
2012.07.15	82.0	Control	355.1	9.59	1.59	-	-	-
		SPG	57.2	5.90	1.37	83.9	38.5	13.8
2012.07.18 ~ 19	37.5	Control	253.6	1.96	0.58	-	-	-
		SPG	25.4	0.98	0.21	90.0	49.9	63.8
2012.08.12	60.0	Control	102.7	1.75	0.44	-	-	-
		SPG	-	-	-	-	-	-
2012.08.15	18.0	Control	191.7	1.03	0.36	-	-	-
		SPG	3.7	0.30	0.05	98.1	71.4	87.1
2012.08.22 ~ 23	61.0	Control	55.0	0.86	0.23	-	-	-
		SPG	11.4	0.54	0.08	79.2	36.7	63.1
2012.08.30	83.0	Control	97.1	4.02	1.18	-	-	-
		SPG	27.4	2.67	0.62	71.8	33.6	47.0
2012.09.16 ~ 17	99.5	Control	131.1	4.86	1.54	-	-	-
		SPG	20.7	4.20	1.00	84.2	13.5	35.1
Total	441	Control	1,084	22.3	5.5	-	-	-
		SPG	145.9	14.6	3.3	86.5	34.7	39.1

Table 3 Comparison of Chinese cabbage yield at harvest

Experimental treatment	Control plot	SPG plot
Product quantity (kg/ha)	28,482	39,646
Yield index	100	139.2
Benefit of product (product×650 won/kg)	18,500,000 won/ha	25,800,000 won/ha
Expense	Materials (Rice straw mat)	3,820,000 won/ha
	Labor costs	1,000,000 won/ha
Economical benefit	18,500,000 won/ha	20,980,000 won/ha



(a) Beginning stage



(b) Middle stage



(c) Last stage

Fig. 4 Cultivation photos with respect to experimental treatment (left : control plot, right : SPG plot)

이익이 발생하였다. 이는 SPG 시험포에 피복한 벧짚겨적에 추비된 비료가 걸러 유실되지 않음으로 인하여 작물이 이용할 수 있는 영양분, 특히 질소가 충분히 확보되어 (Shin et al., 2012) 배추의 수확량이 증가하였기 때문에 이익이 증가한 것으로 판단된다.

한편 지금까지 수행된 여러 연구 (Shin et al., 2012; Won et al., 2013)에서 지표를 피복함으로써 얻어질 수 있는 생산량 측면의 증대효과 (수입 증대)와 하천수질보전 측면 (비점오염물질의 발생 저감)에서 벧짚겨적을 이용한 지표피복과 토양개량제의 살포는 실효성이 있는 최적영농관리방법으로 평가된다. 그러나 연구가 단기간의 제한된 기상 및 환경조건에서 수행되었기

때문에 결과를 객관화하기 위해서는 반복적인 실험이 필요할 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 고랭지 실 경작지에서 발생하는 비점오염부하를 저감하기 위한 방안으로 벧짚겨적과 토양개량제 (PAM, Gypsum)의 효과를 평가하였다. 실험처리는 대조구 (Control) 시험포와 벧짚겨적과 토양개량제를 처리한 시험포 (Straw mat cover + Polyacrylamide + Gypsum, SPG)의 두 가지로 수행하였다. 벧

짚겨적과 토양개량제의 효과를 평가하기 위하여 유출수량과 비점오염부하, 배추생산량 그리고 경제성 등을 평가하였다. 분석결과 농경지에 짚겨적과 토양개량제를 처리할 경우 강우유출수량과 비점오염부하의 저감에 효과가 있는 것으로 조사되었다. 유출율의 경우, SPG 시험포의 누적 유출율은 27.0 %로서 control 시험포의 누적유출율 (38.3 %)과 비교 시 29.4 %가 저감되었다. 또한 SPG 시험포의 TN과 TP의 오염부하는 각각 14.3 kg/ha와 3.3 kg/ha로서 control 시험포의 오염부하 대비 각각 34.7 %와 39.1 %가 삭감되었으며, SS의 비점오염부하는 control 시험포 대비 86.5 %의 높은 저감효과를 보였다.

한편 SPG 시험포의 단위면적당 생산량은 control 시험포의 생산량 대비 약 40 %가 증대된 것으로 조사되었으며, 고랭지 농업지역의 생산량과 비교 시에도 약 8.5 %가 증가한 것으로 조사되었다. 따라서 농경지에 지표를 피복하고 토양개량제를 첨가하는 방법은 강우 시 발생하는 비점오염부하 저감뿐만 아니라 작물의 생산성도 증대시킬 수 있는 효과적인 최적관리방법의 하나로 판단된다. 그러나 본 연구는 제한된 연구 조건 (지역, 토성, 강우사상)에서 수행되었기 때문에 짚겨적과 토양개량제의 효과를 평가하는데 실험적인 한계가 존재한다. 따라서 실경작지를 대상으로 한 지속적인 모니터링 및 분석을 통하여 자료를 객관화하는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 Eco-star (과제번호 II-7-6) 과제와 환경기초 조사사업 (과제명: 농촌지역 비점오염원 삭감효과 정량화)의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Choi, J. D., S. O. Jang, B. Y. Choi, and S. H. Lyoo, 2000. Monitoring Study on Groundwater Quality of an Alluvial Plane in the North Han River Basin. *Journal of the KSWQ* 16(3): 283-294 (in Korean).
- Choi, J. D., 1997. Effect of Rural Watershed Management on the Discharge of NPS Pollutants to Streams. *Inst. of Rural Dev., Kangwon Nat'l Univ.* 1(1): 91-107 (in Korean).
- Choi, Y. H., C. H. Won, W. J. Park, M. H. Shin, J. Y. Shin, S. I. Lee, and J. D. Choi, 2012. Comparison of NPS Pollution Characteristics between Snowmelt and Rainfall Runoff from a Highland Agricultural Watershed. *Journal of Korean Society on Water Quality* 28(4): 523-530 (in Korean).
- [Http://www.kostat.go.kr](http://www.kostat.go.kr)
- Korea Rural Economic Institute, 2005. A Basic Study for Environmentally Friendly Reorganization of Highland Agriculture (in Korean).
- Locke, M. A., R. M. Zablutowicz, K. N. Reddy, and R. W. Steinriede, 2008. Tillage Management to Mitigate Herbicide Loss in Runoff under Simulated Rainfall Conditions. *Chemosphere* 70: 1422-1428.
- Ministry of Environment, 2001. Official test methods for water pollution (in Korean).
- National Academy of Agricultural Science, 2010. Fertilization based on crop-specific (in Korean).
- Rural Research Institute, 2012. U.S. Department of Agriculture-National Resources Conservation Service (in Korean).
- Shin, M. H., C. H. Won, Y. H. Choi, J. Y. Seo, J. W. Lee, K. J. Lim, and J. D. Choi, 2009. Simulation of field soil loss by artificial rainfall simulator-by varying rainfall intensity, surface condition and slope. *Journal of Korean Society on Water Quality* 25(5): 785-791 (in Korean).
- Shin, M. H., J. R. Jang, C. H. Won, Y. H. Choi, J. Y. Shin, K. J. Lim, and J. D. Choi, 2012. Effect of Surface Cover on the Reduction of NPS Pollution at a Vegetable Field. *Journal of Korean Society on Water Quality* 28(3): 436-443 (in Korean).
- Tiscareno-Lopez, M., M. Velasquez-valle, J. Salinas-Garcia, and A. D. Baez-gonzalez, 2004. Nitrogen and Organic Matter Losses in NO-Till Corn Cropping Systems. *Journal of American Water Resources Association* 40(2): 401-408.
- Won, C. H., M. H. Shin, Y. H. Choi, J. Y. Shin, W. J. Park and J. D. Choi, 2011. Applications of surface cover materials for reduction of soil erosion. *Journal of Korean Society on Water Quality* 27(6): 848-854 (in Korean).
- Won, C. H., M. H. Shin, Y. H. Choi, J. Y. Shin, W. J. Park, and J. D. Choi, 2012a. Simulations of runoff using rice straw mats and soil amendments. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(2): 95-102 (in Korean).
- Won, C. H., Y. H. Choi, M. H. Shin, K. J. Lim, and J. D. Choi, 2012b. Effects of rice straw mats on runoff and sediment discharge in a laboratory rainfall simulation. *Geoderma* 189-190: 164-169.
- Won, C. H., M. H. Shin, Y. H. Choi, J. Y. Shin, W. J. Park, S. I. Lee, and J. D. Choi, 2013. Evaluations of NPS reduction using the rice straw mats and soil amendments from steeped field. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 55(2): 29-36 (in Korean).