

Furrow Cover Effects of Black Non-woven Fabric on Reduction of Nitrogen and Phosphorus Discharge from Upland Soil Used for Red Pepper Cultivation

Seung Chang Hong*, Min Kyeong Kim, Goo Buk Jung, and Kyu Ho So

Climate Change and Agroecology Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju, 55365, Korea

(Received: September 2 2015, Revised: November 24 2015, Accepted: December 2 2015)

Control of surface runoff from upland soil is essential to reduce nonpoint source pollution. The use of non-woven fabric as a soil cover can be helpful to control surface runoff. The field experiment was conducted to evaluate the furrow cover effects of black non-woven fabric on the nutrient discharge from upland soil used for red pepper cultivation. The experimental plots consisted of chemical fertilizer (CF), cow manure compost (CMC), and pig manure compost (PMC) treatment. Each nutrient material treatment plot has control (no furrow cover (NFC)) and black non-woven fabric cover treatment, respectively. The amount of nutrient application was chemical fertilizer of 190-112-149 (N-P₂O₅-K₂O) kg ha⁻¹, cow manure compost of 29.5 ton ha⁻¹, and pig manure compost of 7.9 ton ha⁻¹ as recommended amount after soil test for red pepper cultivation. Compared to control (NFC), furrow cover treatment with black non-woven fabric reduced the amount of T-N discharge by 50% at CF treatment, 36.9% at CMC treatment, and 44.8% at PMC treatment. Furrow cover treatment with black non-woven fabric reduced the amount of T-P discharge by 37.1% at CF treatment, 49.9% at CMC treatment, and 63.4% at PMC treatment compared to control (NFC). The production of red pepper did not show significant difference. There was no weed occurring in furrow cover treatment plots with black non-woven fabric. Results from this study showed that the furrow cover with black non-woven fabric could play a significant role in reduce nutrient discharge from upland soil used for red pepper cultivation.

Key words: Furrow soil cover, Black non-woven fabric, Nutrient discharge, Red pepper, Surface runoff

Effects of furrow cover of black non-woven fabric on reduction of T-N and T-P discharge from upland soil used for red pepper cultivation.

Nutrient	Chemical fertilizer application (kg ha ⁻¹)		Cow manure compost application (kg ha ⁻¹)		Pig manure compost application (kg ha ⁻¹)	
	NFC	FC	NFC	FC	NFC	FC
T-N	9.10	4.55	3.47	2.19	3.39	1.87
T-P	5.02	3.16	5.91	2.97	6.50	2.38

NFC: No furrow cover, FC: Furrow Cover with non-woven fabric

*Corresponding author: Phone: +82632382501, Fax: +82632383823, E-mail: schongcb@korea.kr

§Acknowledgement: This study was carried out with the support of "Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ010063)", National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

Introduction

강우시 발생하는 농경지 토양유실과 이로 인한 탁수의 발생은 하천의 수생태계와 상수원 수질관리에 가장 큰 영향을 미치는 관리인자로 그 중요성이 증대되고 있다 (Jung, 2013; Kim, 2008; Shin, 2001). 최근 근본적인 수질오염 관리를 위해 농업비점오염관리의 중요성이 대두되면서 밭에서 발생할 수 있는 비점오염을 저감하기 위하여 다양한 저감방법들이 제시되고 있다. 이들 저감방법들은 초생대, 초생수로, 등고선 재배, 지표피복, 식생밭두렁, 실트웬스 (silt fence), 피복작물, 우회수로, 승수로 등이다 (Choi, 2014). 많은 연구자들이 벚짚겨적, 벚짚 등 다양한 자재를 이용한 밭의 지표피복에 의해 비점오염물질 유출을 저감할 수 있음을 보였다 (Jung, 2013; Kim, 2013; Shin, 2011). 벚짚을 이용한 다양한 피복소재로 지표를 피복하면 나지에 비해 유출수량, 토양유실, 탁도 등의 저감에 큰 효과가 있고 (Won, 2012), 분해가 용이한 농업부산물을 이용한 장애물을 밭 배수로에 설치하면 SS (Suspended solids)와 탁도, T-N (Total nitrogen), T-P (Total phosphorus) 농도를 감소시킬 수 있다 (Kim, 2014). Faucette (2004)는 다양한 자재를 이용한 지표 피복은 표면의 유출수량과 T-N, T-P의 유출량을 줄인다고 하였다.

밭작물을 재배하기 위해 투여하는 양분투입자재로는 화학비료와 우분퇴비, 돈분퇴비, 계분퇴비 및 여러 종류의 유기물퇴비 등이 있다. 경제적인 작물재배와 농경지 양분의 합리적인 관리를 위해서는 토양검정시비량을 기초로 한 합리적인 양분 투여가 가장 바람직하다. 그러나 토양검정시비량을 준수하지 않고 양분자재를 과다하게 투입하면 인근 수계에 유출되어 비점오염원으로 작용할 수 있다. 고추는 전국적으로 45,360 ha (MAFRA, 2013)에서 재배되고 있는 중요한 밭작물이다. 노지고추 재배시 고랑은 이랑 (두둑)을 형성하기 위해 흙을 파낸 곳으로 작물을 심는 이랑과 이랑 사이를 말하며 강우시 배수로 역할을 하게 되는 경작지 토양 중 일부분이다.

고추를 이랑에 1열 재배시 이랑의 폭은 90~110 cm (RDA,

2013)이다. 노지고추 재배시 이랑과 고랑은 80~90 cm로 대개 같은 간격으로 조성하게 되어 고랑의 면적은 전체 고추 밭 면적의 약 40~50%에 해당하게 된다. 고랑의 토양은 이랑과 고랑의 성형과 작물의 뿌리생육을 돕기 위한 쟁기, 로터리를 이용한 작업 등으로 부드럽게 조성하게 되어 강우시 빗방울에 의한 타격과 유출수에 의한 토양침식에 취약한 물리적 특성을 가지고 있다. 흑색부직포는 다양한 노지작물 재배시 지표면을 피복하여 광 차단에 의한 잡초 발생 억제를 목적으로 영농현장에서 널리 사용되고 있으나, 토양 유출수에 의한 양분과 토양유실 저감 효과 등에 대해서는 구명된 바가 거의 없다. 따라서, 본 연구는 실용적으로 고추 밭의 양분 유출을 저감할 수 있는 기술을 개발하고자 고추 밭 고랑의 부직포 피복에 의한 양분유출 저감효과를 평가하기 위해 수행하였다.

Materials and Methods

시험포장 조성 본 연구는 2013년 3월부터 12월까지 충북 진천군 문백면의 시험포장에서 수행하였다. 밭 시험포장을 900 m² (36×25 m) 조성하였고 각 처리구별로 150 m² (6×25 m)씩 설치하였다. 시험포장의 양분 투입자재 처리구는 화학비료를 대조구로 하였으며 우분퇴비, 돈분퇴비를 각각 처리하였다. 화학비료는 시험전 토양을 토양검정 후 시비처방서의 해당량인 190-112-149 (N-P₂O₅-K₂O) kg ha⁻¹을 기비로 사용하였다. 시비처방서에 따라 우분퇴비는 화학비료 대체 가축분 퇴비 추천량인 29.5 ton ha⁻¹ (기본량 25.5 ton ha⁻¹, 비료대체량 4 ton ha⁻¹), 돈분퇴비는 화학비료 대체 가축분 퇴비 추천량인 7.9 ton ha⁻¹ (기본량 5.5 ton ha⁻¹, 비료대체량 2.4 ton ha⁻¹)를 각각 처리하였다 (<http://soil.rda.go.kr>).

농업용 관리기를 이용하여 이랑과 고랑의 폭을 각각 80cm로 조성한 후 이랑은 검정색 PE 멀칭비닐을 피복하였다. 고랑은 농업용 흑색부직포 (Hanibon, (주)동양한일합섬, Korea)를 이용하여 토양이 노출되지 않도록 완전히 피복하고 철제 고정핀으로 토양에 고정하였다 (Fig. 1). 시험포장



No furrow cover (Control)



Furrow cover with black non-woven fabric

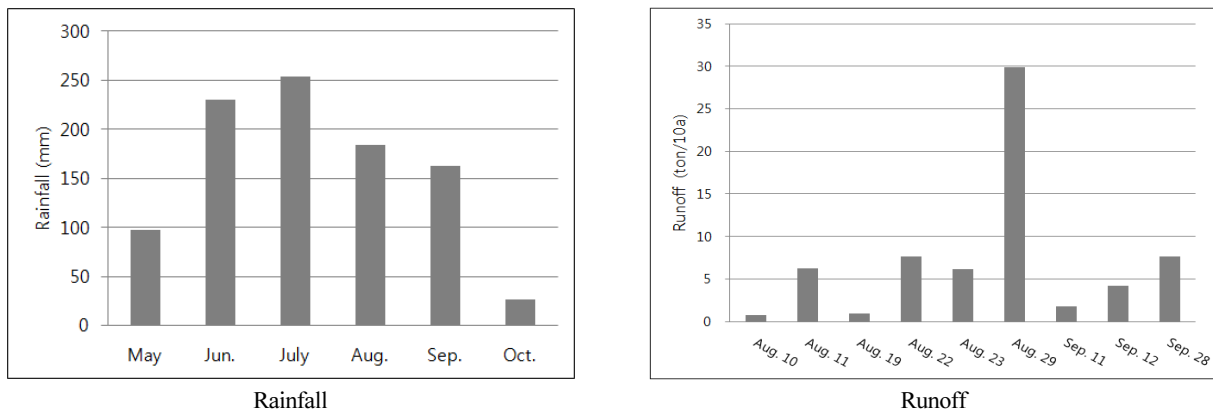
Fig. 1. Photograph of furrow covered with black non-woven fabric (right) and no furrow cover (left) in June 13, 2013. Ridges mulched with black vinyl mulching conventionally.

Table 1. Chemical properties of soil before the experiment.

pH (1:5)	Organic matter (g kg ⁻¹)	Available P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exchangeable Cations (cmol kg ⁻¹)			
			K	Ca	Mg	Na
6.9	8.1	864	0.47	6.4	1.5	0.22

Table 2. Chemical properties of manure compost used in this study.

Nutrient material	pH	Organic matter	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
	(1:5)	(%)	----- (%) -----			
Cow manure compost	9.1	29.4	0.53	1.66	1.34	0.72
Pig manure compost	9.3	38.5	1.13	0.83	1.22	1.39

**Fig. 2. Distribution of rainfall and runoff during the red pepper cultivation from May to October in 2013.**

의 경사도는 약 8%로 완만한 경사를 이루고 주변의 지형보다 높게 위치하여 배수가 양호하였다. 고추(농가천하)는 재식거리 160 cm × 30 cm 로 2013년 5월 4일 정식하였다. 시험포장의 강수량을 측정하기 위해 시험포장 인근에 강우량계 (260-2501 Novalynx Co., USA)를 설치하여 강우량 자료를 수집하였다. 밭 표면 유출수의 유출량은 각 처리구별로 전자식유출계 (Wintech, EM1000, Korea)를 설치하여 관측하였다. 시험구의 시험전 토양의 화학적 특성은 Table 1과 같으며 가용성인산의 함량이 다소 높은 특성을 나타냈다. 본 연구의 양분투입자재로 사용한 우분퇴비와 돈분퇴비의 화학적 특성은 Table 2와 같다

시료채취 및 분석 토양시료는 시험 전 채취하여 분석하였는데 토양의 pH와 EC는 각각 pH meter (Model 720A, Orion)와 EC meter (Model 145A, Orion)를 사용하여 측정하였다 (NIAST, 2000). 토양 중 유기물은 습식산화분해법인 Tyurin법 (농진청, 2010), 유효인산은 Lancaster법 (농진청, 2010)으로 분석하였으며 치환성 양이온은 1N NH₄OAc 용액 (pH 7)으로 침출하여 ICP-OES (GBC Integra XMP, Australia)를 이용하여 분석하였다 (NIAST, 2000; Summer and Miler, 1996).

물 분석 시료는 강우시 각 처리구의 최하단에 설치한 유출수 채집장치에서 채취하였다. 수질분석은 Standard Methods

(APHA, 1998)와 수질오염공정시험기준 (MOE, 2008)에 의해 COD는 과망간산칼륨법, T-N은 alkaline persulfate 분해 후에 cadmium reduction법, T-P는 persulfate 분해 후에 ascorbic acid법으로 분석하였다. 탁도는 탁도계 (MC-P1, M-Cubic, Korea)를 이용하여 측정하였다.

Results and Discussion

시험포장의 고추재배기간인 2013년 5월에서 10월의 강수량 분포를 조사한 결과는 Fig. 2의 왼쪽 그림과 같다. 고추재배기간 중의 전체 강우량은 954 mm였으며 7월의 강우량은 254 mm, 8월의 강우량은 184 mm였다. Fig. 2의 오른쪽 그림은 2013년 고추 재배기간 중의 강우에 의한 표면유출수의 유출량을 기록한 것으로 유출은 모두 11회 발생하였고 약 652 ton ha⁻¹가 유출된 것으로 측정되었다.

Table 3은 6월 8일 양분 투입자재별 고추 밭 표면유출수의 화학적 특성을 나타낸 것으로 고추 정식 후 최초로 발생한 표면유출수의 특성이다. 우분퇴비와 돈분퇴비 처리구의 유출수는 화학비료 처리구에 비해 pH, COD, TOC가 높았고 T-N과 T-P 함량도 화학처리구 보다 우분퇴비와 돈분퇴비 처리구에서 높았다.

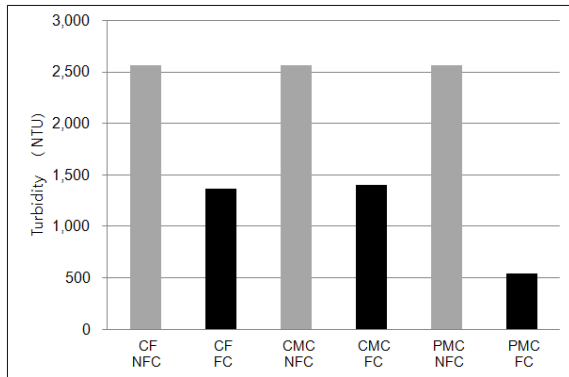
Fig. 3은 6월 8일 1차로 발생한 처리별 유출수의 탁도를 측정하는 것이다. 화학비료처리구, 우분퇴비 처리구, 돈분퇴

Table 3. Chemical properties of runoff water as influenced by basal applied different nutrient material (n=11).

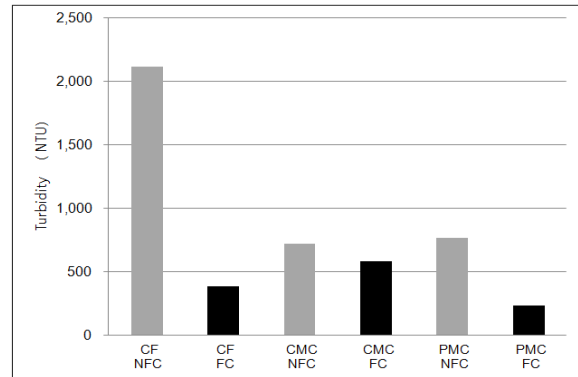
Nutrient material	pH	COD _{Mn} (mg L ⁻¹)	T-N (mg L ⁻¹)	T-P (mg L ⁻¹)	TOC (mg L ⁻¹)
CF	6.8±0.1*	43.3±27.3	11.4±4.9	8.7±5.4	4.32±1.88
CMC	7.1±0.5	44.8±22.5	13.5±7.1	13.9±7.3	4.43±2.53
PMC	7.2±0.4	46.8±23.0	20.6±17.0	15.9±8.6	4.83±1.88

CF: Chemical Fertilizer, CMC: Cow Manure Compost, PMC: Pig Manure Compost, COD_{Mn}: Chemical Oxygen Demand, T-N: Total Nitrogen, T-P: Total Phosphorus, TOC: Total Organic Carbon

* Standard deviation



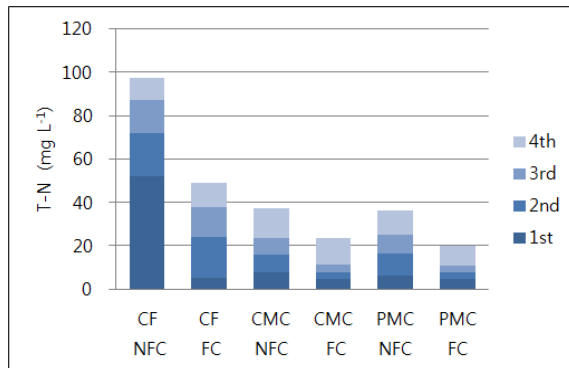
June 18, 2013



August 28, 2013

CF: Chemical Fertilizer, CMC: Cow Manure Compost, PMC: Pig Manure Compost, NFC: No Furrow Cover, FC: Furrow Cover with black non-woven fabric

Fig. 3. Effect of furrow cover with black non-woven fabric on turbidity of runoff water in red pepper upland soil.



1st: Jun. 18, 2nd: Jul. 2, 3rd: Aug. 21, 4th: Sep. 13

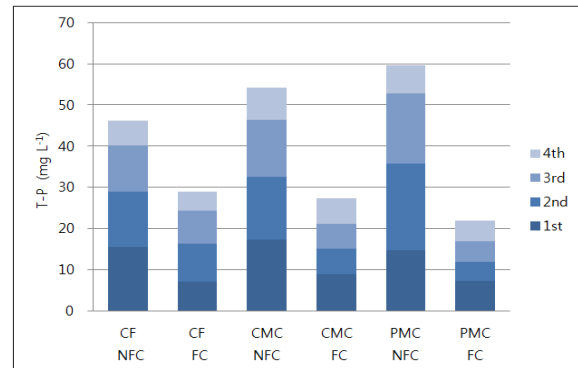


Fig. 4. Time variant T-N and T-P concentration in runoff water as influenced by different input nutrient material and furrow cover with black non-woven fabric.

비 처리구의 흑색부직포 피복처리의 탁도는 흑색부직포 무피복 처리구의 탁도 보다 낮았다. 흑색부직포 무피복처리구의 탁도는 측정기기의 한계치인 2,500 NTU를 나타냈다. 8월 28일에 측정된 유출수도 고랑을 흑색부직포로 피복한 처리구의 탁도가 낮았으며 화학비료처리구의 흑색부직포 무피복 처리의 탁도가 가장 높았다.

Fig. 4는 주기적으로 채취한 표면유출수의 T-N과 T-P의 농도를 나타낸 것이다. 우분퇴비 처리구와 돈분퇴비 처리구의 T-N 농도는 화학비료 처리구 보다 낮은 경향이였다. 각 양분투입자재별로 흑색부직포 피복 처리구는 흑색부직포 무피복구 보다 T-N의 농도가 낮아 흑색부직포 처리는 표면

유출수의 T-N 농도를 감소시킨 것으로 판단된다.

표면유출수의 T-P 농도는 우분퇴비 처리구와 돈분퇴비 처리구가 화학비료 처리구 보다 높게 나타났고 3차, 4차 조사에서 높게 나타나는 경향이였다.

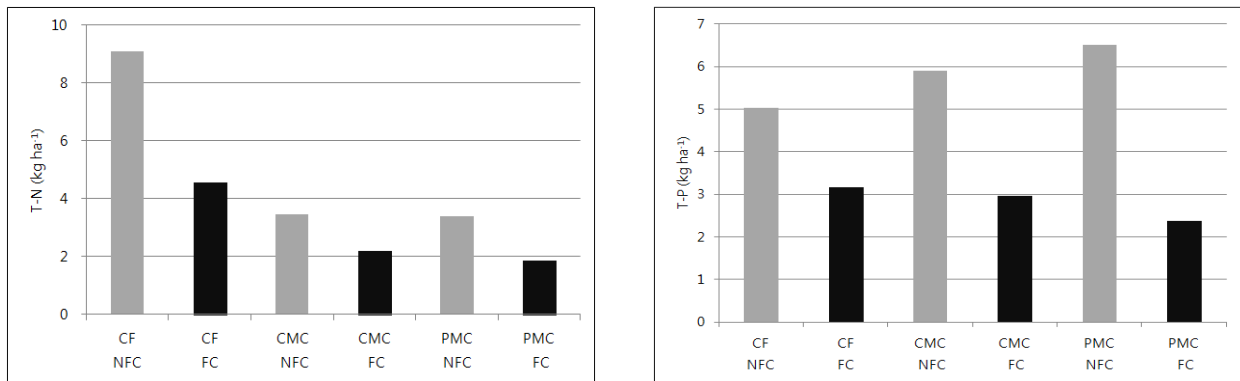
양분투입자재 처리별 T-P의 농도는 흑색 부직포 피복 처리구가 흑색부직포 무피복 처리구 보다 낮게 나타나 흑색부직포 피복처리에 의해 표면유출수의 T-P 농도가 낮아진 것으로 판단된다.

Baker (2007)는 과다하게 투입된 유기질 비료의 P는 표면유출수에 의해 유출될 수 있다고 하였고 Eghball (2000)와 Vadas (2005)는 표면유출수는 토양에서 용탈되는 P의 주

Table 4. Furrow cover effects with black non-woven fabric on reduction amount of T-N and T-P discharge.

Nutrient	Chemical fertilizer (kg ha ⁻¹)			Cow manure compost (kg ha ⁻¹)			Pig manure compost (kg ha ⁻¹)		
	NFC	FC	Reduction ratio (%)	NFC	FC	Reduction ratio (%)	NFC	FC	Reduction ratio (%)
T-N	9.10	4.55	50.0	3.47	2.19	36.9	3.39	1.87	44.8
T-P	5.02	3.16	37.1	5.91	2.97	49.7	6.50	2.38	63.4

NFC: No Furrow Cover, FC: Furrow Cover with black non-woven fabric.

**Fig. 5. Furrow cover effects with black non-woven fabric on reduction amount of T-N and T-P discharge.**

된 유출 경로라고 하였다. 따라서, 흑색부직포 피복으로 빗방울에 의한 토양표면의 타격 완화와 표면유출수에 의한 토양유실이 감소하여 T-P의 유출이 감소된 것으로 판단된다.

Table 4와 Fig. 5는 투입 양분자재별 고추 밭 고랑의 흑색부직포 피복에 의한 표면유출수의 T-N과 T-P의 유출량과 유출감소율을 산출한 것이다. T-N의 유출량은 화학비료 처리구의 흑색부직포 고랑 피복에 의해 4.5 kg ha⁻¹ 감소되어 감소율이 50%였고, 우분퇴비 처리구의 흑색부직포 고랑 피복에 의해 1.3 kg ha⁻¹ 감소되어 감소율이 36.9%, 돈분퇴비 처리구의 흑색부직포 고랑 피복에 의해 1.5 kg ha⁻¹ 감소되어 감소율이 44.8%를 나타내었다.

T-P의 유출량은 화학비료처리구의 흑색부직포 고랑 피복에 의해 1.9 kg ha⁻¹ 감소되어 감소율이 37.1%였고, 우분퇴비 처리구의 흑색부직포 고랑 피복에 의해 2.9 kg ha⁻¹ 감소되어 감소율이 49.9%, 돈분퇴비 처리구의 흑색부직포 고랑 피복에 의해 4.1 kg ha⁻¹ 감소되어 감소율이 63.4%를 나타내었다.

T-N과 T-P의 유출량과 유출감소율이 양분투입자재별로 차이가 나는 것은 우분퇴비와 돈분퇴비의 T-N, T-P 함량의 차이와 토양에 투입 후 토양물리성과 토양화학성 등에 미치는 영향 등이 상이하어 유출수의 유출량과 토양입자의 유실량 등에 영향을 주었기 때문으로 생각되며 향후 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

Choi et al. (2012)은 밭에서 발생하는 비점오염원 저감을 위해 지표피복 방법별 비점오염 저감율은 밭에서 대패밥 처리가 약 4~30%, 벧짚거적이 34~75%이었고 배추밭에서

대패밥 처리가 약 5~30%, 벧짚거적이 34~75% 저감효과가 있다고 했다. Won et al. (2012)은 벧짚을 이용한 다양한 피복소재를 이용해 지표를 피복하면 나지 대비 유출수량, 토양유실, 탁도 저감에 큰 효과가 있어 유출수량은 대조구와 비교할 때 72~85.6%가 저감되었다고 하였다.

따라서, 흑색부직포의 고랑 피복에 의해 벧짚피복과 벧짚거적 피복과 유사한 정도로 양분유출 저감 효과가 있는 것으로 판단되었다. 흑색부직포 피복에 의해 T-N와 T-P의 유출이 감소한 것은 빗방울에 의한 토양표면 타격의 완화와 표면 유출수에 의한 토양침식 발생이 감소된 결과라고 판단된다. 흑색부직포는 2~3회 재사용이 가능하고 피복작업의 편의성 등으로 다양한 노지작물 재배에 사용되고 있다.

흑색부직포를 이용한 고랑 피복 처리별 고추의 생산량을 조사한 결과 고추의 생산량은 양분투입자재 및 부직포 피복 처리에 의해 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한, 흑색부직포 처리구는 잡초가 발생하지 않았고 흑색부직포 무피복구에서 주로 발생한 잡초는 바랭이, 방동사니, 쇠비름, 나도겨풀, 명아주 등이었다.

Conclusion

작물재배를 위한 양분투입자재로 화학비료, 우분퇴비, 돈분퇴비를 사용한 후 유출수의 양분유출을 조사하였다. T-N의 유출은 화학비료, 우분퇴비, 돈분퇴비 처리 순으로 높았고, T-P 유출은 돈분퇴비, 우분퇴비, 화학비료 순으로 높았다. 고랑의 흑색부직포 피복처리는 표면유출수의 탁도

를 줄였다. 흑색 부직포 피복에 의해 T-N의 유출은 화학비료 처리구 4.6 kg ha^{-1} , 우분퇴비 처리구 1.3 kg ha^{-1} , 돈분퇴비 처리구에서 1.5 kg ha^{-1} 감소하여 T-N의 유출은 전체적으로 36.9~49.9% 감소하였다. 흑색 부직포 피복에 의해 T-P의 유출은 화학비료 처리구 1.9 kg ha^{-1} , 우분퇴비 처리구 2.9 kg ha^{-1} , 돈분퇴비 처리구에서 4.1 kg ha^{-1} 감소하여 T-P의 유출은 전체적으로 37.1~63.4% 감소하였다. 흑색 부직포 피복에 의해 T-N과 T-P의 유출이 감소한 것은 빗방울에 의한 토양표면 타격의 완화와 표면 유출수에 의한 토양침식이 감소된 결과로 판단된다. 따라서, 흑색부직포를 이용하여 고추 밭 고랑을 피복하면 강우에 의해 발생하는 양분유출을 감소시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

References

- Baker, B.J., K.W. King, and H.A. Torbert. 2007. Runoff losses of dissolved reactive phosphorus from organic fertilizer applied to sod. *J. Am. Soc. Agri. Bio. Eng.* 50(2):449-454.
- Choi, J.K., S.J. Gwon, H.J. Lee, and Y.H. Kim. 2012. Runoff characteristics of total-N and total-P in upland surface runoff treated with livestock manure compost. *J. Kor. Soc. Agri. Eng.* 54(6):29-37.
- Choi, K.S. and J.R. Jang. 2014. Selection of appropriate plant species of VFS (Vegetative Filter Strip) for reducing NPS pollution of uplands. *J. Kor. Water Res. Asso.* 47(10):973-983.
- Eghball, B., J.E. Gilley, L.A. Kramer, and T.B. Moorman. 2000. Narrow grass hedge effects on phosphorus and nitrogen in runoff following manure and fertilizer application. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications.* p.128.
- Faucette, L.B., L.M. Risse, M.A. Nearing, J.W. Gaskin, and L.T. West. 2004. Runoff, erosion, and nutrient losses from compost and mulch blankets under simulated rainfall. *J. Soil Water Conserv.* 59(4):154-160.
- Jung, C.G, S.R. Ahn, S.J. Kim, H.J. Yang, H.J. Lee, and G.A. Park. 2013. HSPF and SWAT modelling for identifying runoff reduction effect of nonpoint source pollution by rice straw mulching on upland crops. *J. Kor. Soc. Agri. Eng.* 55(2):47-57.
- Kim, J.H., K.H. Han, and J.S. Lee. 2008. Characteristics of agricultural non-point source pollutants by rainfall events in rural watersheds. *J. Kor. Soc. Water Qual.* 24(1):69-77.
- Kim, M.K., S.I. Kwon, G.B. Jung, S.C. Hong, M.J. Chae, S.G. Yun, and K.H. So. 2013. Small-scale pond effects on reducing pollutants load from a paddy field. *J. Kor. Env. Agri.* 32(4):355-358.
- Kim, M.Y., S.H. Kim, S.B. Lee, and Y.H. Cho. 2014. Development of a hybrid best management practice system for control of agricultural nonpoint water pollution. *J. Agri. Che. Env.* 3:161-168.
- RDA (Rural Development Administration). 2013. Red pepper. *Agricultural technology guide book.* p.80.
- RDA (Rural Development Administration). 2010. Methods of soil chemical analysis. p.51.
- RDA (Rural Development Administration). 2010. Methods of soil chemical analysis. p.113.
- Shin, E.S., J.Y. Choi, and D.H. Lee. 2001. Characteristics of non-point source pollutants in surface runoff from rural area. *J. Kor. Soc. Water Qual.* 17(3):299-311.
- Shin, M.H., K.J. Lim, J.R. Jang, Y.H. Choi, W.J. Park, C.H. Park, and J.D. Choi. 2012. Analysis of reduction of NPS pollution loads using the small sediment trap at field. *J. Kor. Soc. Agri. Eng.* 54(2):27-35.
- RDA (Rural Development Administration). Soil information system, <http://soil.rda.go.kr>
- Vadas, P.A., B.E. Haggard, and W.J. Gburek. 2005. Predicting dissolved phosphorus in runoff from manured field plots. *J. Environ. Qual.* 34(4):1347-1353.
- Won, C.h., M.H. Shin, Y.H. Choi, J.Y. Shin, W.j. Park, and J.D. Choi. 2012. Simulations of runoff using rice straw mats and soil amendments. *J. Kor. Soc. Agri. Eng.* 54(2):95-102.