



# 밭 비점오염저감을 위한 잔디초생대 적용 비용 및 활용성 평가

## Estimation of Application Cost and Utilization of Turf Grass VFS for Reduction of Uplands NPS Pollution

이슬기\* · 장정렬\*\* · 최경숙\*\*\*,†

Seul-Gi Lee · Jeong-Ryeol Jang · Kyung-Sook Choi

### Abstract

This study was aimed to estimate the total application cost and utilization of Turf grass VFS application through the field experiment. The experimental plots were constructed in an upland field of Iksan city within the Saemangeum watershed. Turf grass was transplanted at the down-slope edge of the pollution source area in each of the treated plots. Three rainfall events were monitored during the experiment period, and the rainfall-runoff relationships and NPS pollution reduction effects of the VFS systems were assessed. As results, the reduction ratio of runoff volume ranged 14.1~64.0 %, while the NPS pollution reduction ratio ranged 9.8~73.9 % for SS, 24.0~84.2 % for T-N, 31.6~80.9 % for T-P respectively. The total cost of VFS application was estimated by considering purchase cost of Turf grass sods and construction and maintenance costs of VFS system as well as the loss caused by giving up crop cultivation for the area needed to construct the VFS. The total cost of the VFS was estimated to be approximately ₩3,379,000/ha/year for the first year of application, and this cost could be decreased to ₩1,899,000/ha/year from the second year as the construction cost of VFS could no longer need to be counted afterwards. Apart from the NPS pollution reduction effects, the possible utilization of VFS was examined by detaching Turf grass within 40 % of VFS area for sale during spring time when the VFS systems fully covered. The benefit of selling the detached Turf grass sods was estimated as ₩1,260,000/ha/year, and also found that the VFS area successfully recovered by the time of the summer period. This benefit could attract farmers to adopt the VFS technique to manage agricultural NPS pollution.

**Keywords:** VFS; Turf grass; Cost; Utilization; Uplands

### 1. 서 론

근래에 환경기초시설의 확충 등으로 점오염원에 대한 관리가 강화되고 있는 반면 비점오염원이 차지하는 비중은 점점 증가하고 있어 이에 대한 관리의 중요성이 증가하고 있다 (Choi, 2014). 특히 농촌지역의 비점오염원은 주로 강우인자와 작물의 재배형태, 토양관리 등에 따라 오염 유출량이 크게 영향을 받으며, 유출경로의 파악이 매우 어려워 오염물질의 정량화와 이에 적합한 저감대책을 제시하기가 용이하지 않다 (Shin et al., 2001; Kim et al., 2008; Jung et al., 2013, Won et al., 2011). 따라서 근본적인 수질관리를 위해서 농경지에서 배출되는 오염을 근원적으로 차단하고 저감하는 노력이 필요하다.

이러한 배경 하에 우리나라 농업비점오염원관리를 위한 정책개발 및 제도개선을 위해 새만금유역을 대상으로 농업비점오염 저감기법 개발이 활발히 진행되고 있다. 지역주민과 농업인이 참여하는 물관리, 시비관리 등의 영농방법 개선뿐만 아니라 논밭 등 농업비점오염원에서의 오염배출 저감을 위한 최적관리기법 개발이 연구의 주된 내용이다 (Jang et al., 2011). 밭의 비점오염 저감을 위한 관리기법 개발에서는 지표 피복, 초생대, 실트웬스, 식생밭두렁, 침사구기법을 대상으로 현장적용을 위한 설계기법 개발을 수행하고 있으며 (Shin et al., 2014; Kim et al., 2012; Kim et al., 2014; Choi and Jang, 2014), 새만금 유역을 중심으로 현장규모의 실험을 통한 체계적인 연구를 진행하고 있어, 결과에 대한 실효성이 매우 클 것으로 기대된다 (Lee et al., 2014).

밭의 비점오염저감기법 중 초생대는 수질의 탁수 문제를 해결하고 농경지에서 발생하는 유사를 저감시키는 최적관리 기법으로써 그 효과가 큰 것으로 소개되고 있다 (Park et al., 2008; Park and Hyun, 2014). 선진국에서는 초생대의 효과 검증을 위해 다양한 현장실험이 수행되었으며 (Robinson et al., 1996; Mersie et al., 2003; Patzold et al., 2007; Marc and Richard, 2009; Dillaha et al., 2010), 실제 농경지 비점오염저

\* Dept. of Agricultural Civil Eng. Kyungpook National University

\*\* Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

\*\*\* Dept. of Agricultural Civil Eng. Kyungpook National University

† Corresponding author

Tel.: +82-53-950-5731 Fax: +82-53-950-6752

E-mail: ks.choi@knu.ac.kr

Received: January 19, 2015

Revised: March 3, 2015

Accepted: March 6, 2015

감을 위해 농업현장에 널리 사용되고 있는 실정이다. 그러나 국내에서는 아직 현장기술개발의 초기단계로서, 농업현장에 직접 적용되기 위해서는 지속적이고 체계적인 초생대 실용화 연구가 요구된다 (Lee et al., 2005; Choi and Jang, 2014).

한편 농업비점오염관리기법의 현장적용성은 관리기법의 저감효과 뿐만 아니라 현실적으로 고려되어야 하는 것이 비용문제와 적용방법의 용이성이다. 특히 농업이 주 생계수단인 농민에게 수질개선을 목적으로 하는 관리기법을 농경지에 적용토록 하는 것은 시간과 비용, 노동력 투입 등을 요구하는 것이기에 이에 대한 적절한 보상 없이는 현장 적용 실현가능성이 매우 낮을 것으로 사료된다. 이와 더불어 농업비점오염 저감효과가 매우 높은 관리 기법일지라도 현장적용이 용이하지 않거나 비용이 많이 소요된다면 농경지에 적용 가능한 관리기법으로 채택될 가능성은 매우 낮다고 볼 수 있다. 따라서 수질개선을 위한 관리기법의 현장적용성은 기법의 효과, 적용방법의 용이성, 소요 비용의 적절성에 따라 좌우되며, 이 세 가지 요소를 모두 만족하는 기법이 현장 적용에 가장 유리하다고 볼 수 있다.

기존의 수질개선 관리기법 개발 관련 문헌과 연구에서는 관리기법의 효과와 적용방법에 대해서는 많이 다루고 있으나, 관리기법 적용 시 소요되는 비용에 대해서 언급하고 있는 사례는 많지 않다. 초생대의 경우에도 비점오염저감에 관한 효과와 적용방법에 대한 연구사례는 많으나 실제 초생대 적용 비용이 어느 정도 소요되는지에 대한 정보는 전혀 제시되지 않고 있다. 비점오염저감을 위한 관리기법의 현장적용 시 수질개선 효과와 적용방법의 용이성과 더불어 중요한 요소가 관리기법의 현장적용 시 소요되는 비용이다. 관리기법의 적용 비용에 대한 정보는 관리기법의 현장적용 가능성에 대한 판단기준이 되며, 관리기법 적용에 따른 정부의 현실적인 보조금 책정에 기준이 될 수 있다.

따라서 본 연구는 밭 비점오염 저감기법 개발과제의 일환으로 수행된 “초생대 비점오염원 저감효과 평가 및 제어대책

개발”과제의 2단계 초생대 비점오염저감효과 현장실험을 토대로 잔디초생대 적용에 소요되는 비용을 제시하고, 초생대 본래 목적 외 활용가능성을 평가함으로 초생대의 현장적용을 위한 실용화 정책개발에 기초자료를 제공하고자 한다.



## II. 재료 및 방법

### 1. 초생대 현장 적용

초생대 현장실험을 위해 익산시 금마면 동고도리 일대 밭경지에 초생대 시험포를 조성하였다. 8% 경사의 밭경지에 세로 22m×폭 5m 규모로 대조구 1개소, 처리구 2개소를 각각 조성하였으며, 처리구 말단에는 세로 2m×폭 5m 규모의 잔디 초생대를 조성하여 초생대 비용분석 및 활용성 평가를 수행하였다. 잔디초종은 “초생대 비점오염원 저감효과 평가 및 제어대책 개발”의 1단계 초생대 적정초종 선정에 관한 현장실험에서 비점오염저감과 유지관리측면에서 가장 유리한 초종으로 선정된 바 있다 (Choi and Jang, 2014). 초생대 조성은 잔디종자를 직접 파종하여 발아시키는 방법으로는 많은 시간과 노력을 요구하므로 인근에서 구입한 잔디매트를 이식하는 방법으로 조성하였다. 시험구에는 새만금유역의 대표작물 중 하나인 콩을 농촌진흥청 표준재배법을 기준으로 재배하였다. Table 1은 익산시험포에 조성된 시험구내 콩 재배와 잔디초생대 조성 전경을 보여준다. 시험포의 토양은 평균적으로 sand 38.4%, silt 41.7%, clay 19.9%의 입도분포를 가진 양토 (Loam)로서 농업토양정보시스템에서 토양 배수등급이 양호한 것으로 나타나 NRCS 수문학적 토양그룹은 B형에 속하는 것으로 파악되었다.

초생대 현장 실험을 수행하기 위해 다양한 관측기기들로 구성된 모니터링 시스템을 구축하였다. 시험구에서 발생한 유출수의 유량측정을 위해 각 시험구 유출구 말단에 자체 제작한 플룸을 설치하고 그 위에 부자식 수위계 (Thalimedes,

Table 1 Selected crop and VFS vegetation

Type	Soybean	Turf grass
Life period	Annual (June~Nov.)	Perennial
Field view		

Germany)를 설치하여 플룸을 통과하는 유출수의 수위를 측정하였으며, 측정된 수위는 기존에 유도된 플룸의 수위-유량 관계식을 통해 유량으로 환산하였다. 또한 강우량과 유출수의 원활한 채수를 위해 강우량계 (Aerodynamic raingauge)와 자동채수기 (Portable automatic water sampler, Korea)도 설치하였다. 본 연구기간동안 총 3회의 강우사상에 대한 모니터링이 실시되었으며, 초생대의 강우-유출관계 및 비점오염 저감효과를 파악하였다. 수질시료는 각 시험구별로 강우유출수를 1 L 용량으로 3점 이상 채취하였으며, 채취된 수질시료는 서울대 NICEM에서 수질오염공정시험기준 (MOEa, 2012)과 먹는물수질공정시험기준 (MOEb, 2012)에 근거하여 분석되었다.

## 2. 잔디초생대 적용 비용 산출

잔디초생대를 적용하는데 소요되는 총비용은 초생대 조성을 위한 잔디구입비 및 관리비용, 초생대 조성 면적만큼의 작물재배 포기로 인한 손해비용 등을 고려하여 산출하였다. 초생대 조성 및 유지관리비용은 잔디구입비, 이식비, 예초 등이 포함되며, 본 연구에서는 “초생대 비점오염원 저감효과 평가 및 제어대책 개발”과제의 2단계 연구를 수행하기 위해 익산 시험포에 조성한 잔디초생대의 조성비용과 유지관리비용을 참고하여 계산하였다. 또한 초생대 조성면적의 작물재배포기로 인한 손해비용은 익산시험포의 실험조건과 동일한 콩 1모작을 기준으로 하여 계산하였으며, 초생대 조성면적도 밭경지의 9% 기준으로 하여 계산하였다. 콩 수확량은 현장시험포의 수확량을 기준으로 산정하고자 하였으나 시험구당 편

차가 심하여 객관적인 기준을 토대로 산정하고자 2012년 농림수산식품부 통계자료에서 제시한 최근 5년간 (1998년~2012년)의 콩 평균수확량을 참고하였다. 또한 수확된 콩의 판매수익은 농산물유통정보에서 제공하는 최근 3년간 (2000년~2012년)의 콩 수매가를 기준으로 하였다.

## 3. 잔디초생대 활용성 평가

작물생산이 가능한 농지에 초생대를 적용하는 것은 농민에게 소득감소를 감내해야하는 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 잔디초생대의 오염물질 여과기능에 의한 비점오염 저감효과 외에도 농민에게 혜택을 줄 수 있는 초생대 잔디의 활용방안을 모색해 보았다. 잔디는 다년생 초종으로 재활착되는 성질이 있으므로 이를 활용하여 초생대 일부를 떼어낸 후 떼어낸 잔디를 시장에 판매할 경우에 발생할 수 있는 수익을 추정해 보았다. 또한 떼어낸 지표면에 잔디의 재활착이 가능한지에 대해서도 조사를 수행하였다.

초생대의 기능은 수질 개선을 위한 오염물질 여과기능이 우선이므로 본래 기능을 유지하기 위해서 초생대가 완전히 피복이 된 상태에서 초봄 시기에 일정부분의 잔디를 떼어내었다. Fig. 1은 초생대 처리구에서 직접 삽을 이용하여 잔디를 떼어낸 전경을 나타낸다. 초생대 처리구에서 떼어낸 잔디의 면적은 4 m<sup>2</sup> 정도로서, 이는 초생대 규모 5 m (가로)×2 m (세로)=10 m<sup>2</sup>에서 40%를 차지한다. 잔디를 떼어낸 후에는 떼어낸 지표면에 잔디가 재활착 되는지에 대한 모니터링을 실시하였다.

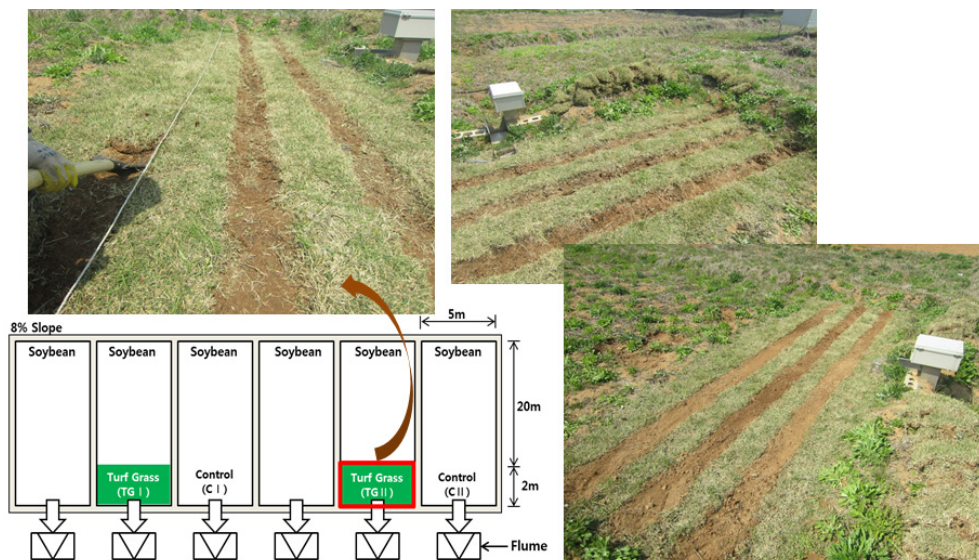


Fig. 1 Detaching Turf grass from the VFS constructed

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 초생대 현장 적용 효과

잔디이식에 의해 조성된 초생대는 정상적인 생육을 보였으며, 현장실험기간동안 생육과정상의 특이성은 없었다. 잔디이식 후 초기에는 잔디의 수세확보를 위해 잡초 제거 및 예초를 실시하였으며, 특히 생육이 왕성한 여름철에는 초생대 적정 초장을 유지하기 위한 정기적인 예초를 실시하였다. 초생대의 적정 초장은 현장경험상 5~15 cm 정도를 의미하며, 이를 유지하는 이유는 초생대 생육이 너무 왕성하여 잎과 줄기가 무성하면 지표면을 그늘로 가리게 되어 습기가 차 초생대 줄기 부분이 쉽게 썩고 병들게 되는 환경이 조성되기 때문이다. 따라서 지표면 습기로 인해 발생가능한 병해로부터 보호하기 위해 초생대 초장관리가 중요하며, 적정 초장을 유지하기 위한 정기적인 예초가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 초생대 이식 후 초기 수세확보를 위해 이식 초기에 2번의 제초작업을 실시하였으며, 적정 초장을 유지하기 위해 연 총 5회 정도의 잔디 예초를 실시하였다. 이식초기에 봄 기름 등의 수분부족에 의해 생육부진현상이 있었으나 복합비료 살포 후 충분한 물을 살포하여 원활한 생육환경을 유지해 주었다. Table 2는 잔디초생대 조성시기와 유지관리내용을 나타낸다.

Table 3은 본 연구기간 동안 모니터링을 실시한 강우에 대한 유출관계 분석결과를 나타낸다. 2단계 실험이 수행된 익산 시험포에서 실험기간동안 유출수가 많이 발생하지 않아 총 3회의 자연강우사상에 대한 모니터링이 실시되었으며, 모니터링 강우사상 발생 전의 토양수분상태는 모두 AMC I 조건

으로 건조한 상태였다. 2013년 7월 4일~5일 강우는 103.6 mm 발생하였으며, 유출발생량은 1.34~2.91 m<sup>3</sup>이고, 대조구 대비 초생대의 유출저감효율은 14.1~53.9 %로 산정되었다. 2013년 8월 23일 발생한 강우 78.4 mm은 유출발생량이 0.72~1.68 m<sup>3</sup>이었으며, 초생대 유출저감효율은 43.9~57.0 %로 산정되었다. 2014년 8월 17일~18일 강우는 65.6 mm 발생하였으며, 유출발생량은 0.65~1.79 m<sup>3</sup>으로 초생대 유출저감효율은 31.2~64.0 %로 산정되었다. 유출발생시기와 유출량은 시험구마다 차이를 나타내었는데 이는 시험구별 작물의 캐노피 상태, 초생대 유무, 초생대 피복율 차이 등에 기인한 것으로 사료된다. 강우사상 발생시기의 잔디 피복율에 따른 유출저감효율을 비교한 결과 피복율이 높을수록 초생대 유출저감효과가 더 높게 나타나는 것으로 파악되었다.

강우사상의 유출수를 채취하여 수질분석한 결과를 가지고 식 (1)에 나타난 강우사상별 유량기중평균농도 (EMC: Event Mean Concentration)를 산정하였다. 여기서 Q(i)는 i번째 구간의 유량 (m<sup>3</sup>)을, C(i)는 i번째 구간의 수질농도 (mg/L)를 나타내고, n은 각 강우사상별 분석시료의 개수를 의미한다.

$$EMC(mg/L) = \frac{\int_0^n Q(i) \times C(i) di}{\int_0^n Q(i) di} \quad \text{식 (1)}$$

Table 4는 강우사상별로 시험구별 EMC를 산정한 결과를

Table 2 Installation and maintenance of Turf grass VFS

Vegetation type	Install season	Irrigation	Fertilization	Weed control	Mowing frequency
Turf grass (Perennial)	spring (early April)	enough water during rootage	1/year	2/year	5/year

Table 3 Rainfall-runoff relationships of Iksan experimental field

Date	2013.7.4~2013.7.5			2013.8.23			2014.8.17~2014.8.18		
Plot size (m <sup>2</sup> )	110 (22m×5 m)								
Slope & Soil type	8 %, Loam								
Rainfall (mm)	103,6 (natural)			78,4 (natural)			65,6 (natural)		
Antecedent moisture condition (AMC)	AMC I			AMC I			AMC I		
Plot no.	Control	TG I	TG II	Control	TG I	TG II	Control	TG I	TG II
Runoff (m <sup>3</sup> )	2,91	2,50	1,34	1,68	0,72	0,94	1,79	0,65	1,23
Runoff (mm)	26,47	22,75	12,20	15,24	6,56	8,55	16,30	5,86	11,22
Runoff rate	0,26	0,22	0,12	0,19	0,08	0,11	0,25	0,09	0,17
Runoff reduction (%)	-	14,05	53,89	-	56,97	43,91	-	64,02	31,16

Table 4 EMC of Iksan experimental field

Item	Event	Plot	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
Control (n=25)	2013. 7.4~7.5	C I	37.71	44.54	0.34
	2013. 8.23	C I	47.50	4.21	0.58
	2014. 8.17~8.18	C I	146.29	9.37	0.67
	Ave.		77.17	19.37	0.53
	STDEV		60.06	21.95	0.17
VFS (n=43)	2013. 7.4~7.5	TG I	27.90	41.01	0.56
		TG II	22.86	26.52	0.12
	2013. 8.23	TG I	140.12	1.83	0.80
		TG II	19.86	1.03	0.24
	2014. 8.17~8.18	TG I	260.52	4.66	0.90
		TG II	349.50	2.14	0.66
	Ave.		136.79	12.87	0.55
	STDEV		140.77	16.87	0.31

Table 5 Pollutant loads and reduction rate of Iksan experimental field

Year	Plots Item	Pollutant load (kg/ha)			Reduction rate (%)	
		Control	TG I	TG II	TG I	TG II
2013 (n=2)	SS	1.89	1.71	0.49	9.8	73.9
	T-N	1.37	1.04	0.37	24.0	73.3
	T-P	0.020	0.020	0.004	-	80.9
2014 (n=1)	SS	2.62	1.68	4.31	35.9	-
	T-N	0.17	0.03	0.03	82.1	84.2
	T-P	0.012	0.006	0.008	51.6	31.6

나타낸다. 2014년 7월 4일~5일 강우사상의 경우 SS는 대조구 37.71 mg/L, 처리구 22.86~27.90 mg/L, T-N은 대조구 44.54 mg/L, 처리구 26.52~41.01 mg/L, T-P는 대조구 0.34 mg/L, 처리구 0.12~0.56 mg/L로 산정되었다. 2013년 8월 23일 강우사상은 SS의 경우 대조구 47.50 mg/L, 처리구 19.86~140.12 mg/L, T-N은 대조구 4.21 mg/L, 처리구 1.03~1.83 mg/L, T-P는 대조구 0.58 mg/L, 처리구 0.24~0.80 mg/L의 범위로 나타났고, 2014년 8월 17~18일 강우사상은 SS의 경우 대조구 146.29 mg/L, 처리구 260.52~349.50 mg/L, T-N은 대조구 9.37 mg/L, 처리구 2.14~4.46 mg/L, T-P는 대조구 0.67 mg/L, 처리구 0.66~0.90 mg/L의 범위로 나타났다.

SS의 경우 T-N과 T-P보다 표준편차가 높게 나타나 강우사상별로 SS 발생량의 변동 폭이 매우 큼을 알 수 있었다. 또한 2013년 8월 23일 강우사상과 2014년 8월 17~18일 강우사상에서 SS의 경우 대조구보다 처리구가 높게 나타나는 경우가 발생하였는데 이러한 이유는 초생대 인자와는 무관하게 시험구별 콩작물의 재배밀도 차이로 콩잎의 캐노피 현상이 시험

구별로 큰 차이를 보인 연유에서 발생된 현상으로 사료된다. 콩의 캐노피 현상과 더불어 강우사상별 강우강도 및 유출물과 샘플링 시기 차이에 따른 유출수의 오염농도 차이도 EMC 산정 결과에 지대한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 4에 나타난 강우사상별 EMC 산정결과를 이용하여 각 시험구별 단위면적당 오염인자별 오염부하 산정과 대조구 대비 초생대의 오염인자별 저감효율을 산정하여 Table 5에 나타내었다. 오염인자별 대조구 대비 초생대의 평균 비점오염 저감효율은 SS 9.8~73.9 %, T-N 24.0~84.2 %, T-P 31.6~80.9%로 나타났다. 강우별로 초생대의 비점오염저감 효과가 다르게 나타났으며, 작물의 종류와 캐노피, 초생대 규모와 피복율, 토양의 특성 등 여러 가지 인자에 의해 초생대 효과가 광범위하게 차이를 보이므로 장기적이고 체계적인 현장실험을 통해 인자별 초생대 저감효과에 미치는 영향을 파악하고, 저감효과의 한계범위의 도출이 필요할 것으로 사료된다.

## 2. 잔디초생대 적용 비용

### 가. 잔디 초생대 조성 및 관리 비용 산정

잔디 초생대 조성 및 유지관리비용은 익산시험포에서 수행한 현장실험에서의 초생대 조성 및 관리에 소요된 비용을 토대로 산정하였다. 잔디 초생대 조성을 위해서는 일반적으로 잔디매트 (가로 0.2 m×세로 0.2 m)를 구입하여 이식하는 방법이 용이하기 때문에 익산시험포의 초생대 조성을 위해 구입한 잔디매트의 구입비용을 토대로 조성비용을 산정하였다. 잔디매트는 일반적으로 밭경지 규모 1 m×1 m에 10장이 소요되며, 잔디매트 1개당 구입비용은 140원이므로, 잔디구입비는 초생대 조성 면적 1 m<sup>2</sup>당 1,400원으로 계산된다. Table 6은 익산시험포에서 잔디초생대 조성시 소요된 잔디구입 비용을 나타낸다. 여기에 추가적으로 잔디이식을 위한 인건비와 유지관리를 위한 예초비용이 소요된다. 잔디 초생대 조성을 위한 잔디매트 이식은 1 ha기준으로 남성 1인과 여성 2인이 필요하며, 이는 남성 1인 인건비 100천원/day와 여성 1인 인건비 60천원/day×2인을 합하여 총 220천원/ha 정도의 비용으로 산정된다. 또한 초생대 유지관리를 위한 인건비는 예초 1회당 50천원/ha 기준으로 일년 5회 정도 예초를 실시할 경우 250천원/ha/year의 비용이 소요된다.

### 나. 초생대 작물포기 손해비용 산정

농림수산식품부통계자료(2012)에서 제시한 최근 5년간의 콩 평균수확량은 밭경지 1 m<sup>2</sup>당 0.168 kg 였으며, 농산물유통정보(2012)에서 제공하는 최근 3년간 콩의 평균 수매가는 콩 1 kg당 10,778원이었다. 이를 기준으로 단위면적당 콩 수매가를 산정하면 밭경지 1 m<sup>2</sup>당 콩 재배에 의한 평균수익은 1,810원으로 산정되었다. 따라서 익산시험포에 밭 1 m<sup>2</sup>당 콩의 평균수확량과 콩 1 kg당 평균 수매가를 적용하면, 대조구(110 m<sup>2</sup>)의 경우 콩수확량은 18.48 kg 이고, 이를 판매할 경

우 199,177원의 수익이 발생하는 것으로 산정되었다. 초생대 처리구의 경우에는 초생대를 제외한 경작지(100 m<sup>2</sup>)의 콩 수확이 16.80 kg로 산정되었으며, 이에 대한 콩 판매수익은 181,070원으로 산정되었다. 초생대 구역은 콩을 재배할 수 없으므로 대조구와 비교해 볼 때 콩 수확량이 1.68 kg 감소하여, 작물포기로 인한 손해비용이 18,107원 발생하였다. Table 7은 농림수산식품부(2012)와 농산물유통정보(2012)에서 제공하는 콩 수확 및 판매 수익을 토대로 산정한 익산시험포의 대조구와 처리구에 대한 콩 수확량과 잔디초생대 적용으로 인한 콩생산 포기량 및 이에 대한 손해비용을 각각 나타낸다.

### 다. 잔디 초생대 적용 총 비용 산정

콩을 재배하는 밭경지에 잔디 초생대 적용 시 소요되는 총 비용은 잔디 초생대 조성을 위한 잔디구입비 및 관리비용, 초생대 면적만큼의 작물재배포기로 인한 손해비용 등을 고려하여 산정될 수 있으며, 그 결과는 Table 8에 나타난 바와 같다. 콩 판매수익은 대조구의 경우 18,107천원/ha이며, 초생대 처리구의 경우 16,458천원/ha가 된다. 따라서 초생대 적용에 의해 발생하는 작물포기 손해비용은 대조구와 초생대 처리구의 콩 판매 수익의 차액인 1,649천/ha가 된다. 초생대 조성에 소요되는 비용은 밭면적 1 ha 규모에 초생대 구역 900 m<sup>2</sup>의 40%인 360 m<sup>2</sup>에 해당하는 면적을 매울 수 있는 잔디매트 9,000장을 구입하여야 하므로, 밭면적 1 ha에 대해 필요한 잔디구입비용은 1,260천원이 된다. 여기에 잔디이식에 소요되는 인건비 220천원과 예초 등의 유지관리비 250천원을 포함하면 초생대 조성 및 관리비용은 1,730천원/ha/year이 된다. 따라서 초생대를 적용하기 위해 소요되는 총비용은 초생대 조성 비용 및 유지관리비용 1,730천원/ha/year과 초생대 면적만큼의 작물포기로 인한 손해비용 1,649천원/ha/year을 더한 3,379천원/ha/year이 소요되는 것으로 추정되었다.

Table 6 Cost analysis of Turf grass transplantation

Plot size	VFS Area	Size & cost of 1 sod Turf grass	Total no. of used sod & cost
22 m×5 m=110 m <sup>2</sup>	2 m×5 m=10 m <sup>2</sup>	0.2 m×0.2m=0.04 m <sup>2</sup> , ₩140	100 sods×₩140=₩14,000

Table 7 Annual yield and revenue of soybean

Classify	Plot type (size)	Treated (110 m <sup>2</sup> )		
		Control (110 m <sup>2</sup> )	Crop land (100 m <sup>2</sup> )	TG VFS (10 m <sup>2</sup> )
Yield (kg)		18.48	16.80	△1.68
Revenue (won)		199,177	181,070	△18,107

Based on 2012 National statistics of food, Agriculture, Forestry and Fisheries (0.168 kg/m<sup>2</sup>) & aTKAMS site: <http://www.kamis.co.kr/customer/main/main.do> (₩10,778/kg)

**Table 8** Application cost of Turf grass VFS system for the experiment case

Classify		Control	VFS Application
Benefit	Plot area (m <sup>2</sup> ) (22 m×5 m)	110	110
	VFS area (m <sup>2</sup> ) (2 m×5 m)	0	10
	Soybean yield (kg)	18,48	16,80
	Soybean yield (kg/ha)	1,680	1,527
	Revenue (₩1,000/ha)	18,107 (A)	16,458 (B)
Cost	Installation	Turf grass purchase (₩1,000/ha)	1,260
		Labor (₩1,000/ha)	220
	Maintenance (₩1,000/ha)	250	
	Total cost for VFS (₩1,000/ha)	1,730 (C)	
Application cost (B-A-C) (₩1,000/ha)			△3,379



April (cover ratio: 60 %)



June (cover ratio: 75 %)



Oct. (cover ratio: 95 %)

**Fig. 2** Regrowing process of the detached Turf grass VFS area

**Table 9** Possible benefit from sale of the detached Turf grass VFS area

VFS Area	Detached VFS area (total no. of sods)	Cost of total no. of sods
2 m×5 m=10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup> ×40 %=4 m <sup>2</sup> (=100 sods)	100 sods×₩140=₩14,000

이러한 비용은 초생대 적용 1년차에만 소요되며, 2년차부터는 초생대 관리비용 및 작물포기에 의한 손해비용만 고려하면 되므로 초생대 적용에 소요되는 총비용은 1,899천원/ha/year 으로 감소하게 된다. 초생대 적용비용 산정 결과는 정부에서 농민들에게 수질오염 저감을 위해 초생대기법을 적용하도록 하기 위한 경제적 유인수단인 직불제 등의 보조금 산정에 기초자료로 활용가능하리라 사료된다.

### 3. 잔디 초생대 활용성 평가

본 연구에서는 잔디초생대 적용 시 비점오염 저감기능 외에도 농가에서 잔디를 활용할 수 있는 방안을 모색해 보았다. 초생대의 여과기능을 저해하지 않는 범위 내에서 잔디를 일정부분 떼어내어 판매 할 경우 어느 정도의 수익을 창출할 수 있는지와 떼어낸 부위가 현실적으로 재활착이 가능한지를 알아보기 위해 직접 현장실험을 실시해 보았다. 초생대가 완전

하게 피복된 상태에서 초봄시기에 초생대 면적의 40 % 정도 잔디를 떼어내어 판매했을 경우에 발생할 수 있는 수익과 떼어낸 부분의 잔디 재활착 가능성을 조사하였다.

그 결과 잔디를 떼어낸 지표면이 조금씩 재활착되기 시작하여 초생대의 잔디 피복율이 5월에는 65 %, 6월에는 75 % 정도로 증가하였으며, 10월에는 95 %으로 진행되어 재활착이 정상적으로 진행됨을 확인할 수 있었다. Fig. 2는 초생대에서 잔디를 떼어낸 지표면이 정상적으로 피복되고 있는 현장전경을 나타낸다. 또한 초생대에서 떼어낸 잔디를 판매할 경우에 발생할 수 있는 수익을 추정해 보았다. 익산시험포에서 초생대 면적 10 m<sup>2</sup>에서 떼어낸 잔디의 면적은 초생대 면적의 40 %인 4 m<sup>2</sup>이므로, 잔디매트 1장의 규모 0.2 m×0.2 m=0.04 m<sup>2</sup>에 대한 판매가 140원을 적용하면 판매수익은 14,000원으로 산정되었다. Table 9는 초생대에서 떼어낸 잔디의 면적과 판매수익을 나타낸다. 동일한 조건으로 발면적 1 ha 규모에 조

성된 초생대 면적 900 m<sup>2</sup>의 40%에 해당하는 360 m<sup>2</sup> 면적에 잔디를 떼어내어 판매할 경우의 수익은 1,260천원이 발생하는 것으로 산정되었다. 이러한 판매수익은 농민들에게 추가적인 소득 창출을 가져올 수 있어 밭 비점오염저감을 위한 초생대 기법의 현장적용에 유리한 장점이 될 수 있을 것으로 기대된다.

#### IV. 결 론

우리나라 밭 비점오염관리를 위한 초생대 적용시 비점오염저감효과와 더불어 잔디 초생대 적용에 소요되는 비용을 산출하고 초생대의 수질개선 목적 외에 활용가능성을 모색하여 초생대 현장 적용성을 높이고자 하였다. 새만금 유역 내에 위치한 익산시험포를 선정하여 잔디 초생대를 조성한 후 강우-유출관계와 비점오염저감효과를 분석하였다. 그 결과 초생대의 대조구 대비 유출저감효과는 14.1~64.0% 였으며, 비점오염저감효과는 SS 9.8~73.9%, T-N 24.0~84.2%, T-P 31.6~80.9%으로 나타났다. 초생대 시험구별로 강우-유출관계 및 비점오염저감효과의 차이는 강우의 특성과 시험구별 작물의 캐노피 상태, 초생대 피복율 등의 여러 가지 요인에 의한 복합적인 기작에 의해 나타난 결과로 사료되었다. 따라서 강우인자, 작물 및 재배인자, 초생대 초종 및 토양인자 등 여러 가지 현장인자들에 의해 초생대의 효과가 광범위하게 차이를 보이므로 초생대 비점오염저감효과 정량화를 위해서는 장기적이고 체계적인 현장실험이 실시되어야 하며, 이를 통해 인자별 저감효과에 미치는 영향을 파악하여 초생대 현장 적용을 위한 설계기법 개발에 반드시 반영할 필요가 있겠다.

익산시험포 현장실험을 바탕으로 콩재배 밭경지에 잔디초생대 적용시 소요되는 총비용을 초생대 조성을 위한 잔디구입비 및 관리비용, 초생대 면적만큼의 작물재배 포기로 인한 손해비용을 고려하여 산정해 보았다. 초생대 조성을 위한 잔디구입 및 조성비용과 유지관리비용은 1,730천원/ha이었고, 초생대 구역의 작물 재배포기로 감수해야 할 손해비용은 1,649천원/ha로 산정되었다. 따라서 잔디초생대 적용을 위한 초기비용은 3,379천원/ha/year로 산정되었으며, 2차년도부터는 초생대 조성 비용을 제외한 초생대 관리비용과 작물포기에 의한 손해비용만 고려하면 되므로 1,899천원/ha/year의 비용이 소요되는 것으로 추정되었다.

잔디 초생대의 오염물질 여과기능 외에 잔디의 활용성을 평가하기 위해 초생대가 완전 피복된 후 일정부분의 잔디를 떼어내어 판매할 경우에 발생할 수 있는 수익을 산정하고 잔디를 떼어낸 지표부분의 재활착여부도 조사하였다. 그 결과 초생대 40%정도 면적의 잔디를 떼어내 판매할 경우에 발생

할 수 있는 수익은 1,260천원/ha/year으로 추정되었으며, 떼어낸 부위의 잔디 재활착은 정상적으로 진행되었다. 잔디판매수익은 잔디초생대를 적용하는 농민에게 추가적인 수익을 얻게하므로 농가소득증대에 기여할 수 있으며, 여기에 초생대 비점오염저감효과로 인한 수처리 비용 절감까지 고려된다면 초생대의 현장적용성은 매우 높을 것으로 기대된다. 본 연구의 결과는 밭 비점오염저감을 위한 초생대 현장적용 실용화를 위한 기초자료로 활용가능 하리라 사료된다.

#### 사 사

이 연구는 농림수산식품부·한국농어촌공사 농어촌연구원에서 지원한 “새만금유역 농업비점오염저감기법 개발 연구”과제의 일환으로 수행되었음

#### REFERENCES

1. Choi, J. Y., 2014. Direction of NPS pollution management policy. *Water Policy Vision*, The Korea Water Resources Association, 2(4): 20-25 (in korean).
2. Choi, K. S. and J. Y. Jang, 2014. Selection of appropriate plant species of VFS for reducing NPS pollution of uplands. *Journal of Korea Water Resources Association* 47(10): 973-983 (in korean).
3. Dillaha, T. A., J. H. Sherrard, D. Lee, S. Mostaghimi, and V. O. Shanholtz, 2010. Evaluation of vegetative filter strips as a best management practice for feed lots. *Journal of Water Pollution Control Federation* 60(7): 1231-1238.
4. Jang, J. R., K. W. Choi, and J. Y. Jung, 2011. Development of agricultural NPS pollution reduction measures on Saemangeum watershed. *Magazine of Korea Water Resources Association* 44(7): 37-43 (in korean).
5. 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. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 55(2): 47-57 (in Korean).
6. Kim D. H., J. R. Jang, and S. M. Kim, 2014. A plot scale soil erosion control experiment for silt fence and vegetated ridge applied sloped upland. *Journal of Agriculture & Life Science* 48(4): 285-298 (in Korean).
7. Kim J. H., K. H. Han, and J. S. Lee, 2008. Characteristics of agricultural non-point source pollutants by rainfall events in rural watersheds. *Journal of Korean Society on Water Quality* 24(1): 69-77 (in Korean).
8. Kim S. J., T. Y. Park, S. M. Kim, J. R. Jang, and S. M. Kim,



2012. A plot scale experiment to analysis the NPS reduction by silt fence and vegetated ridge for non-irrigated cropland. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(4): 19-27 (in Korean).
9. Lee G. J., C. S. Park, J. T. Lee, Y. S. Zhang, Y. I. Jin, and S. W. Hwang, 2005. Reduction of soil loss by rod culture of rye and corn on radish in Daegwallyeong highland. International symposium & conference of the Plant Resources Society of Korea, 125 (in Korean).
  10. Lee S. G., J. R. Jang, and K. S. Choi, 2014. Simulation of reduction effects on runoff and sediment for VFS application by considering uplands characteristics in Iksan. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 56(5): 89-99(in Korean).
  11. Marc D. and H. Richard, 2009. Reduction in agricultural non-point source pollution in the first year following establishment of an integrated grass/tree filter strip system in southern Quebec(Canada), *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131: 85-97.
  12. Mersie, W., C. A. Seybold,, C. McNamee, and M. A. Lawson, 2003, Abating endosulfan from runoff using vegetative filter strips: the importance of plant species and flow rate. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97: 215-223.
  13. MOE (Ministry of Environment) a, 2012. KS standard and official test method for water quality pollution.
  14. MOE (Ministry of Environment) b, 2012. KS standard and official test method for drinking water quality.
  15. Park Y. S., J. G. Kim, N. W. Kim, J. H. Park, W. S. Jang, J. D. Choi, and K. J. Lim, 2008. Improvement of sediment trapping efficiency module in SWAT using VFSMOD-W model. *Journal of Korean Society on Water Environment* 24(4): 473-479 (in Korean).
  16. Park Y. S. and G. W. Hyun, 2014. Optimization of vegetative filter strip using VFSMOD-W model and Genetic-Algorithm. *Journal of Korean Society on Water Environment* 30(2): 159-165 (in Korean).
  17. Patzold S., C. Klein, and G. W. Brumer, 2007. Run-off transport of herbicides during natural and simulated rainfall and its reduction by vegetated filter strips. *Soil Use and Management* 23: 294-305.
  18. Robinson, C. A., M. Ghaffarzadeh, and R. M. Cruse, 1996. Vegetative filter strip effects on sediment concentration in cropland runoff. *Soil and Water Conservation* 51(3): 227-230.
  19. Shin E. S., J. Y. Choi, and D. H. Lee, 2001. Characteristics of Non-Point Source Pollutants in Surface Runoff from Rural Area. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 17(3): 299-311 (in Korean).
  20. Shin M. H., J. R. Jang, Y. H. Jung, D. H. Kum, C. H. Won, I. S. Lee, K. J. Lim, and J. D. Choi, 2014. Application of the Surface Cover Materials for Reduction of NPS Pollution from Actual Cultivation. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 56(3): 31-38 (in Korean).
  21. Won C. H., Y. H. Choi, M. H. Shin, D. S. Shin, D. G. Kang, and J. D. Choi, 2011. Runoff characteristics of NPS pollution on field in rainy season. *Journal of Korean Society on Water Environment* 27(5): 572-759 (in Korean).