

## 골프코스에서 SCB저농도액비 살포에 따른 토양화학성과 연못수질의 모니터링

김영선\* · 함선규 · 임혜정  
에이엠잔디연구소

## Monitoring of Soil Chemical Properties and Pond Water Quality in Golf Courses after Application of SCB Liquid Fertilizer

Young-Sun Kim\*, Suon-Kyu Ham, and Hye-jung Lim

Turfgrass Research Institute, AMENC Co. Ltd, Inchoen, Rep. of Korea

**ABSTRACT.** As SCB liquid fertilizer (SCB) produced from or out of livestock manure by slurry composting and biofiltration process was applied in golf course, the effect on soil properties and water quality was little investigated. This study was conducted to evaluate the effect of the SCB liquid fertilizer application on environment by monitoring chemical property of soil and water quality of pond as applied chemical fertilizer (CF) and SCB. SCB application rarely contaminated the soil and pond in golf course and decreased organic matter, CEC and Ca in soil and pH and T-N for water quality of pond. In correlation coefficient between soil property parameters, water quality parameters and water quality items, SCB applied in golf course decreased organic matter and CEC in soil and increased SAR in water quality ( $P < 0.01$ ). Nitrogen applied in golf course with SCB or CF was significantly related to T-N in the soil ( $P < 0.01$ ), but not significantly related to T-N in the pond water. These results showed that SCB application little contaminated soil and pond in golf course, and was expected to control of thatch in soil and algae in pond.

**Key words:** SCB liquid fertilizer (SCB), Monitoring, Soil properties, Water quality

### 서 론

우리나라의 농업활동으로 발생하는 농축산 유기자원은 똥, 왕겨 및 가축분뇨 등으로 그 중 가축분뇨는 연간 약 4,600만 톤이 발생하여 가장 많은 양을 차지하고 있다(MAF, 2010). 축산농업과정에서 발생하는 가축분뇨는 질소와 칼리 등 다양한 양분을 포함하고 있어 퇴·액비화 과정을 통해 안정화시킨 후 재활용되고 있음에도 불구하고 2010년 기준으로 약 2%정도인 107만 톤은 해양투기를 통해 처리되고 있다(MAF, 2010). 2012년 이후에는 런던협약에 의해 해양투기가 금지되므로 해양투기를 통해 처리되는 가축분뇨는 재활용 향상에 대한 기대가 증가하고 있다. 가축분뇨는 수분이 많고 오염 부하량이 높아 정화 처리

할 경우 처리비용이 증가하므로 퇴·액비화 과정을 거쳐 재활용하고 있고(Jung et al., 1998), 최근에는 메탄화 과정을 거쳐 바이오가스 생산에 이용하고 있으나(Nam et al., 2008; Park et al., 2011) 가축분뇨를 가장 안전하게 재활용하는 방법은 퇴비나 액비로 이용하는 방법이다. 가축분뇨는 축산종류에 따라 비료 성분함량이 다르므로(Nam et al., 2011; Jung et al., 2005) 사용 전 퇴·액비에 성분을 조사하여 시비량을 결정하고, 병원성미생물을 포함하는 경우도 있으므로(Sukhbir et al., 2007; Jung et al., 2011) 검정을 통해 안전성을 확보하는 것이 필요하며 시비 후 병원성미생물의 변화과정을 모니터링하는 것 또한 중요하다(Kim et al., 2011). 최근에는 기존 퇴비화 시설을 활용하면서 가축분뇨를 퇴비단 여과(slurry composting and biofiltration)함으로써 냄새가 적고 성분이 균일한 저농도 액비를 생산하고 있다(RDA, 2009).

SCB저농도 액비를 토마토관비에 이용할 경우 화학비료 중 질소와 칼리를 대체할 수 있고(Park et al., 2010), 수

\*Corresponding author; Tel: +82-32-741-8516

E-mail : zeroline75@empas.com

Received : Feb. 28, 2012, Revised : March 14, 2012, Accepted : March 26, 2012

도작에서도 생육, 수량 및 미질이 화학비료와 비슷하였으며(Lee et al., 2010; Kwon et al., 2010), 고추의 재배에서도 화학비료와 비슷한 고추품질을 나타내었다(Lim et al., 2008). 간척지에서 가축분뇨액비를 청보리 재배에 이용하기 위해서는 일시에 전량 시비하는 것보다는 분시하는 것이 수확량을 증가시키며(Lee et al., 2011), 간척지에 식재된 포플러의 엽면적, T-N함량, 수고 및 흉고직경 생장이 증가하였다(Park et al., 2008). 이렇듯 SCB저농도 액비를 잘 활용하면 축산농가에서 발생하는 폐기물을 재활용하고, 화학비료사용을 감소시켜 농가의 관리비용을 감소시키며, 친환경농업과 자연순환형 농업의 모델을 이룰 수 있다.

그러나 SCB저농도 액비를 지나치게 연용하는 경우 토양 중 칼륨과 나트륨 함량이 높아질 수 있으므로 토양검정을 통한 시비가 필요하고(Seo et al., 2011), 가축분뇨비의 사용은 온난화가스배출의 원인이 되기도 하며(Lee et al., 2005), 집중강우에 의해 경작지에서 유실되는 토양에는 질소함량이 높아 주변 하천의 오염원이 되고(Joo and Lee, 2011), 이는 휘산이나 탈질로 인한 피해보다 더 크며(Jung et al., 2005), 또한 우분퇴비공장 주변의 토양과 수질 조사에서는 항생물질이 검출되기도 하였다(Lee et al., 2010). 따라서 작물의 경작에 가축분뇨를 이용할 때, 토양의 생산성과 작물의 생산량 증가되기도 하지만 주변 토양과 수질의 주기적인 모니터링을 통해 주변 환경에 대한 안전성을 확보하는 것 또한 친환경 농업의 활성화를 위해서 매우 중요한 일이다.

골프코스는 일정한 시기에 일괄적으로 시비하는 농업과 달리 잔디생육기간동안 주기적으로 추비를 통해 관리되고 있으므로 가축분뇨액비의 새로운 수요처로서 적합하였다(Ham et al., 2009). 가축분뇨액비를 크리핑 벤트그래스 관리에 이용하는 경우 화학비료사용량을 약 50%정도 줄여도 화학비료처리구와 비슷한 품질을 나타내었고(Ham et al., 2010), 한국잔디에서는 약 30~50%의 화학비료사용량을 감소시킬 수 있었다(Kang et al., 2010). 그러나 면적당 사용량이 많고, 함유성분이 일정하지 않은 가축분뇨액비는 골프코스의 일정한 잔디품질을 유지하기에 다소 어려움이 있고, 액비 살포 시 어려운 점이 많아 잔디생육에 적합하도록 부족한 성분을 첨가하여 효율적으로 액비를 살포하는 방법이 제안되었고, 이 방법을 이용할 경우 화학비료사용량의 80%만 사용하여 시비하여도 화학비료처리구와 비슷한 잔디품질을 유지할 수 있었다(Ham et al., 2011; Ham and Kim, 2011).

일반적으로 시비된 비료는 토양과 주변 수계의 오염에 영향을 미치게 되며(Han et al., 1997), 경작기간이 증가할수록 지하수 중 화학성분 함량이 증가하였다(Lee et al., 1999). 골프코스의 연못 수질은 시비량, 관수량 및 강수량

에 의해 영향을 받으며, 시비량이 증가할수록 수질오염이 높게 나타났다(Kim and Ham, 2009). 가축분뇨액비에는 수용성 질소가 많이 포함되어 있어 이를 골프코스에 살포하였을 때 용탈되어 주변수계에 미치는 영향을 평가하기 위해 소형 라이시미터에서 용탈수를 조사한 결과 가축분뇨액비 처리구에서 질소 용탈량이 가장 낮게 조사되어 주변 환경에 안전할 것으로 기대되었고(Kang et al., 2010), 옥수수재배토양의 변화를 모니터링한 결과 토양오염 징후는 나타나지 않았다(Kim et al., 2011). 하지만 라이시미터 시험은 시비 후 양분의 용탈양은 조사할 수 있으나 주변수계의 오염여부를 예측하기는 어렵고, 주변 수계의 오염은 용탈과 더불어 강우에 의한 유거 및 토양침식이 매우 중요한 요인으로 작용한다(Kim et al., 2010).

따라서 본 연구는 가축분뇨액비를 지속적으로 살포한 골프코스 페어웨이에서 토양과 수질의 변화를 모니터링하여 골프코스의 오염여부를 확인하고, 토양과 수질에 미치는 영향을 평가하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험 기간 및 장소

본 연구는 2009년 02월부터 2011년 09월까지 국내의 5개 골프코스에서 수행되었고, 선정된 골프코스는 잔디의 종류에 따라 상토가 모래로 조성된 한지형잔디 식재골프장과 상토가 흙(사양토)으로 조성된 난지형잔디 식재골프장으로 구분되었다. 한지형잔디 식재골프장은 경기도 여주시 소재의 A골프장과 인천광역시소재의 B골프장으로 페어웨이에는 켄터키블루그래스(Midnight 등)가 식재되어 있었고, 난지형잔디(*zoysia japonica* Steud.) 식재골프장은 경기도 용인시 소재의 C골프장, 충청남도 계룡시 소재의 D골프장 및 경상북도 경산시 소재의 E골프장으로 페어웨이에는 한국잔디가 식재되어 있었다. 각 골프장별 시험대상 홀은 페어웨이의 맨홀 물이 모두 유입되는 연못이 있고, 가축분뇨액비와 관행적인 시비관리와 비교하기 위해 질소 0.14%와 칼리 0.12%가 함유된 가축분뇨액비(이하 SCB)를 시비 홀과 화학비료(CF)를 시비 홀로 나누어 조사하였으며, 시비량은 각 골프장의 시비여건에 준하였으며, 시비량은 Table 1과 같다.

### 토양 및 수질 모니터링

SCB와 화학비료의 시비에 따라 토양과 주변 수계의 오염여부를 확인하기 위해 정기적으로 시료를 채취하여 분석하였다. SCB와 화학비료 시비에 따른 토양의 오염여부를 확인하기 위해 매년 봄철(4~5월), 여름철(7~8월), 그리고 가을철(10~11월)에 홀컷터(직경 10.8 cm)를 이용하여

**Table 1.** Application rate of N in respective golf club by application of SCB and CF.(unit : g/m<sup>2</sup>)

Species <sup>z</sup>	Golf club	Fertilizer <sup>y</sup>	Year	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Total
CSG	A	SCB	2009	-	6.00	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	12.7
			2010	-	1.20	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	1.20	5.40
			2011	-	5.70	1.20	0.92	0.92	1.50	1.50	1.50	13.24
		CF	2009	-	6.00	2.00	-	0.10	0.20	3.50	7.30	19.7
			2010	-	2.60	3.90	-	-	-	3.00	8.10	17.6
			2011	-	5.70	1.20	0.92	0.92	0.92	7.20	3.90	20.76
	B	SCB	2009	-	2.85	1.05	1.05	-	1.05	1.05	1.05	8.10
			2010	5.38	5.38	0.40	2.40	0.40	0.09	2.20	1.22	20.6
			2011	2.10	4.60	2.00	2.50	3.75	3.25	3.25	4.00	25.45
		CF	2009	-	2.85	-	1.39	-	0.51	2.77	2.62	7.29
			2010	5.38	5.38	-	2.20	1.65	1.65	3.85	1.23	22.4
			2011	2.10	4.60	2.00	2.50	3.75	2.50	2.50	4.00	23.95
WSG	C	SCB	2009	-	-	3.00	1.05	1.05	1.05	-	1.05	7.20
			2010	-	-	0.12	0.12	0.12	0.12	-	-	0.48
			2011	-	-	1.50	1.50	-	1.50	1.50	-	6.00
		CF	2009	-	-	3.00	-	-	4.00	-	-	7.00
			2010	-	-	4.50	-	-	4.50	-	-	9.00
			2011	-	-	4.50	-	-	4.50	-	-	9.00
	D	SCB	2009	-	-	-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	5.25
			2010	-	-	0.30	2.50	0.30	0.97	0.39	-	4.46
			2011	-	-	1.50	1.50	7.50	7.50	-	0.50	18.50
		CF	2009	-	-	4.50	-	-	3.00	-	-	7.50
			2010	-	-	3.00	-	-	-	2.50	-	5.50
			2011	-	-	4.25	0.25	0.25	3.75	-	-	8.50
E	SCB	2009	-	-	4.90	-	2.20	-	2.20	2.20	11.5	
		2010	-	0.64	0.64	0.64	-	-	0.64	-	2.6	
		2011	-	-	-	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	1.91	
	CF	2009	-	-	4.90	-	-	2.30	-	-	7.2	
		2010	-	-	2.33	-	-	2.04	-	-	4.4	
		2011	-	-	2.70	-	-	-	2.25	-	4.95	

<sup>z</sup>CSG and WSG represent cool-season grasses and warm-season grasses, respectively.<sup>y</sup>SCB and CF represent SCB liquid fertilizer and chemical fertilizer, respectively. SCB liquid fertilizer was produced by slurry composting and biofiltration process in treatment of livestock manure.

채취하여 시험기간 중 총 6회 조사하였다. 분석항목은 pH, 전기전도도(electrical conductivity; EC), 유기물(organic matter; O.M), 총질소(total nitrogen; T-N), 유효인산(available phosphate; Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 양이온치환용량(cation exchangeable capacity; CEC), 치환성 양이온(exchangeable cations; K, Ca, Mg, Na) 등을 분석하였고, 분석방법은 토양화학분석법(NIAST, 1998)에 준하여 분석하였다.

SCB와 화학비료 시비에 따른 주변 수계의 오염을 확인하기 2009년 2월부터 2011년 9월까지 매월 시료를 무균 처리된 채수병으로 채취하여 시험기간 중 총 26회 조사하였다. 분석항목은 pH, 전기전도도(EC), 총질소(T-N), 인산염인(PO<sub>4</sub>-P), 나트륨(Na), 생물학적 산소요구량(biological oxygen demand; BOD), 화학적 산소요구량(chemical oxygen demand; COD) 및 나트륨흡착율(sodium absorption rate;

**Table 2.** The change of soil properties by application of SCB and CF.

Fert	Year	Month	pH	EC	O.M	T-N	Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CEC	K	Ca	Mg	Na	
			(1:5)	dS/cm	(%)	mg/kg		cmol/kg					
SCB	2009	5	7.32	0.96	0.87	0.15	213	5.40	0.23	4.32	0.71	0.49	
		8	7.01	0.41	1.43	0.10	217	4.70	0.23	4.04	0.15	0.14	
		10	7.74	0.39	3.19	0.11	178	4.75	0.19	3.14	0.66	0.18	
	2010	4	7.04	0.38	3.11	0.09	192	6.06	0.24	4.58	0.80	0.21	
		7	6.76	0.44	2.79	0.12	203	5.72	0.24	4.07	0.79	0.22	
		11	6.93	0.45	2.70	0.12	240	6.16	0.17	3.84	0.74	0.17	
	2011	5	6.68	0.67	2.98	0.12	196	6.28	0.01	4.29	0.77	0.12	
		7	7.12	0.48	2.17	0.11	205	5.04	0.10	3.62	0.69	0.12	
	Average			7.08	0.52	2.40	0.12	206	5.51	0.18	3.99	0.66	0.21
	CF	2009	5	7.26	0.89	0.49	0.13	161	5.57	0.21	3.98	0.71	0.49
8			7.12	0.36	1.52	0.11	234	5.50	0.30	3.69	0.15	0.14	
10			7.62	0.45	3.87	0.11	232	4.70	0.22	3.25	0.66	0.18	
2010		4	7.10	0.41	3.83	0.12	211	7.62	0.30	5.32	0.80	0.21	
		7	6.81	0.48	2.90	0.14	190	5.76	0.18	3.97	0.79	0.22	
		11	6.83	0.65	3.34	0.13	229	6.12	0.19	4.14	0.74	0.17	
2011		5	6.65	0.78	2.93	0.16	266	6.08	0.07	4.22	0.77	0.12	
		7	7.09	0.49	2.34	0.13	167	5.52	0.13	3.57	0.69	0.12	
Average			7.06	0.56	2.65	0.13	211	5.86	0.20	4.02	0.66	0.21	

<sup>1</sup>SCB and CF represent SCB liquid fertilizer and chemical fertilizer, respectively.

SAR)을 조사하였고, 분석방법은 수질오염공정시험법에 준하여 분석하였다.

**통계처리**

SCB와 CF의 처리에 따른 토양의 오염여부를 확인하기 위해 F-test를 수행하였고, 시비에 따른 토양과 수질 영향을 조사하기 위해 토양과 수질의 상관관계를 조사하였으며, F-test와 상관관계는 EXCEL프로그램(Microsoft office 2003)을 이용하였다.

**결과 및 고찰**

**토양 모니터링**

SCB와 화학비료 시비에 따른 토양의 변화를 조사하기

위해 총 8회 토양시료를 조사한 결과, 대부분의 항목은 CF 처리구와 마찬가지로 거의 비슷한 경향을 보여 SCB의 처리에 따른 토양의 오염은 나타나지 않았고, 토양 중 유기물함량(O.M)은 SCB 살포지역에서 약간 낮게 조사되었다(Table 2).

SCB와 CF 시비에 따른 토양의 변화를 확인하기 위해 두 처리구의 F-test를 실시한 결과, O.M, CEC, Ca 및 Mg이 유의성( $P < 0.01$ ) 있는 결과를 나타내었다(Table 3). 또한 한지형잔디 식재골프장과 난지형잔디 식재골프장의 F-test 결과는 다르게 나타났는데 한지형잔디 식재골프장에서는 EC, O.M, Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CEC, K, Ca, Mg 및 Na에서 유의성 있는 결과를 나타내었고( $P < 0.01$ ), 난지형잔디 식재골프장에서는 O.M, T-N, Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CEC, Ca 및 Mg에서 유의성 있는 결과를 나타내었다( $P < 0.01$ ). 이는 시비한 비중

**Table 3.** F-test between SCB and CF in soil property.

Species	pH	EC	O.M	T-N	Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CEC	K	Ca	Mg	Na
All	ns	ns	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns
CST	ns	**	**	ns	**	**	**	**	**	**
WST	ns	ns	**	**	**	**	ns	**	**	ns

<sup>2</sup>CSG and WSG represent cool-season grasses and warm-season grasses, respectively.  
\*, \*\* Significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively and ns represents not significant.

**Table 4.** The correlation coefficient among chemical factors of soil. (n=30)

Item	pH	EC	OM	T-N	AvP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CEC	K	Ca	Mg	Na
pH	1.0000**	-0.1135	-0.0749	-0.3249	-0.2911	-0.5274**	0.3800*	-0.4845**	-0.1200	0.3258
EC		1.0000**	-0.4793**	0.6904**	-0.0015	0.0716	-0.3323	0.1879	0.2478	0.5997**
OM			1.0000**	-0.1496	0.2391	0.3564*	-0.1069	0.0999	0.5397**	-0.4846**
T-N				1.0000**	0.1567	0.2694	-0.3227	0.1735	0.2869	0.3230
AvP <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					1.0000**	0.1359	-0.0037	0.1040	-0.1311	-0.2695
CEC						1.0000**	0.0492	0.8290**	0.5479**	-0.0507
K							1.0000**	0.1987	-0.2160	0.3682*
Ca								1.0000**	0.3773*	0.1732
Mg									1.0000**	0.2133
Na										1.0000**

\*, \*\* Significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

**Table 5.** The change of water quality by application of SCB liquid fertilizer (SCB) and chemical fertilizer (CF).

Fertilizer <sup>z</sup>	Year	Month	pH	EC	T-N	PO <sub>4</sub> P	Na	BOD	COD	SAR		
				μs/cm	mg/L							
SCB	2009	2	7.30	766	4.99	0.050	75	1.08	4.15	0.55		
		3	8.17	155	ND <sup>y</sup>	0.063	11	4.22	3.26	2.28		
		4	7.87	1307	1.38	0.116	134	3.83	2.78	3.39		
		5	8.60	1058	4.50	0.039	20	6.80	0.30	0.75		
		6	8.71	923	6.13	0.148	137	11.35	0.97	2.12		
		7	8.88	693	3.13	0.018	79	8.90	0.69	1.54		
		8	8.70	735	3.75	0.044	84	5.80	0.73	2.87		
		9	8.78	1028	2.25	0.128	150	11.70	1.07	1.32		
		10	7.74	744	4.75	0.057	150	6.00	1.07	2.28		
		11	7.93	912	1.50	0.113	112	3.20	3.00	0.80		
		SCB	2010	3	7.16	851	2.25	0.028	104	3.11	6.20	0.79
4	7.69			1082	1.50	0.055	141	1.73	3.80	0.97		
5	8.35			643	3.50	0.074	78	2.09	4.30	0.74		
6	7.67			664	1.50	0.058	76	1.64	4.10	0.70		
7	8.41			709	2.25	0.034	82	4.75	9.50	0.71		
8	7.83			466	5.75	0.064	50	0.97	5.90	0.56		
9	7.13			655	3.00	0.071	70	2.72	4.45	0.63		
10	7.32			865	1.62	0.081	100	3.69	5.50	0.77		
11	6.55			1121	1.50	0.236	160	3.95	9.00	1.02		
SCB	2011			3	7.48	907	2.75	0.047	117	6.28	10.50	0.89
				4	8.29	1191	0.87	0.089	122	5.42	8.10	1.06
		5	8.37	932	3.88	0.059	76	4.63	9.80	0.60		
		6	8.77	203	1.50	0.055	31	1.10	8.10	0.41		
		7	8.15	283	4.75	0.052	23	1.50	10.40	0.34		
		8	8.17	661	5.25	0.021	83	4.32	9.00	0.71		
9	8.43	757	3.00	0.023	65	2.78	9.30	0.54				

**Table 5.** The change of water quality by application of SCB liquid fertilizer (SCB) and chemical fertilizer (CF) (continued).

2009	2	7.67	994	2.888	0.047	84	0.76	1.80	0.52	
	3	8.78	175	0.525	0.062	9	5.88	1.56	2.43	
	4	7.66	711	0.450	0.071	59	7.60	1.44	0.73	
	5	8.49	656	3.250	0.007	124	4.80	0.92	1.82	
	6	7.51	574	6.875	0.042	77	8.95	0.71	0.48	
	7	8.38	442	3.500	0.003	46	4.85	0.52	0.56	
	8	8.66	419	3.750	0.113	43	4.00	0.52	1.58	
	9	8.64	643	1.750	0.479	91	4.50	0.87	2.63	
	10	8.12	369	3.000	0.188	91	2.70	0.87	1.63	
	11	8.12	434	0.750	0.029	51	1.90	3.10	0.49	
	CF	3	6.74	732	0.250	0.022	61	1.78	1.90	0.47
4		8.01	696	0.000	0.040	72	2.99	5.80	0.56	
5		8.74	361	3.500	0.049	36	0.41	4.60	0.49	
6		9.20	573	1.500	0.040	61	1.79	3.80	0.62	
2010		7	7.83	494	3.250	0.036	51	1.32	2.70	0.53
8		9.06	308	3.000	0.140	27	0.31	8.00	0.35	
9		6.99	357	8.000	0.072	34	0.39	0.55	0.35	
10		7.30	540	1.375	0.088	63	2.26	5.30	0.77	
2011	11	6.62	648	1.250	0.249	75	4.21	6.00	0.59	
	3	8.57	799	3.575	0.024	76	5.29	6.70	0.53	
	4	8.22	854	1.125	0.068	80	3.48	6.00	0.61	
	5	8.60	523	1.750	0.041	34	3.95	5.60	0.32	
	6	8.25	337	1.750	0.122	11	1.82	5.10	0.23	
	7	8.32	206	2.250	0.050	12	0.94	3.80	0.16	
	8	7.89	336	6.000	0.047	30	5.23	4.70	0.31	
9	7.22	410	2.250	0.017	27	1.28	5.60	0.30		

<sup>1</sup>SCB and CF represent SCB liquid fertilizer and chemical fertilizer.

<sup>2</sup>ND : not detected

(SCB, 화학비료)에 함유된 성분량의 차이가 토양잔류량과 관련이 있는 것으로 보인다.

일반적으로 골프코스에서 유기물은 주로 잔디의 잔해가 축적된 대취에 의해 생성되며, 한지형잔디에 비해 난지형 잔디에서 더 많이 생성되고(Kim and Kim, 2010), 그린의 경우 경과 년 수가 증가할수록 토양 유기물은 증가하며(Huh and Ko, 2008), 토양유기물의 미생물분해를 활성화 하기 위해서는 갱신작업을 통해 통기성을 향상시키는 것이 필요하다(Huh et al., 2009). 경운 토양에서는 유기물분해가 크게 증가하나 무경운토양에서는 유기물분해를 향상이 미미함으로 골프장토양과 같은 무경운토양에서의 가축 분뇨액비 시용에 의한 유기물분해 향상은 좀 더 연구되어야 할 것으로 사료됨(Lee et al., 2004).

시비방법에 따른 토양의 변화요인을 평가하기 위해 토양 항목 간 상관관계를 조사하였다(Table 4). 토양 중 O.M은

CEC와 Mg 함량에서 고도의 상관성을 나타내었고( $P < 0.01$ ), Ca 함량은 CEC와 Mg 함량과 높은 상관성을 나타내었다( $P < 0.01$ ).

토양 분석결과를 종합할 때, SCB 액비를 처리하는 경우 토양의 오염의 징후는 나타나지 않았으며, 토양 중 유기물이 감소한 것은 발효액비인 SCB액비의 영향과 화학비료보다 낮은 시비량에 의한 대취축적이 줄어든 결과로 사료되며, 기타 토양 중 CEC, Ca 함량 및 Mg 함량은 화학비료 시비 때보다 약간 감소하는 경향을 나타내었다.

#### 수질 모니터링

SCB와 화학비료 시비에 따른 수질의 변화를 조사하기 위해 총 26회 수질시료를 조사한 결과, 대부분의 항목은 CF와 비슷한 경향을 나타내어 SCB의 처리에 따른 수질 오염현상은 나타나지 않았다(Table 5).

**Table 6.** F-test between SCB and CF in water quality.

Species	pH	EC	T-N	PO <sub>4</sub> P	Na	BOD	COD	SAR
All	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	**
CSG	**	*	**	ns	*	ns	*	ns
WSG	**	**	**	**	**	ns	ns	**

<sup>2</sup>CSG and WSG represent cool-season grasses and warm-season grasses, respectively.

\*, \*\* Significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively and ns represents not significant.

**Table 7.** The correlation coefficient among items of water quality. (n=102)

	pH	EC	T-N	PO <sub>4</sub> -P	Na	BOD	COD	SAR
pH	1.0000**	-0.0281	0.1951*	-0.0614	-0.0910	0.3221**	0.0497	0.2693**
EC		1.0000**	-0.1625	0.0816	0.6588**	0.2499*	0.0015	0.3211**
T-N			1.0000**	-0.2866**	0.0186	0.2777**	-0.0736	-0.1026
PO <sub>4</sub> -P				1.0000**	0.1882	0.0613	-0.0595	0.2396*
Na					1.0000**	0.4720**	-0.1956*	0.4127**
BOD						1.0000**	-0.4044**	0.6095**
COD							1.0000**	-0.5695**
SAR								1.0000**

\*, \*\* Significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

SCB 시비에 따른 수질의 변화를 확인하기 위해 두 처리구 간 F-test를 실시한 결과, pH, T-N 및 SAR은 통계적 유의성을 나타내었고( $P < 0.01$ ), pH와 질소함량은 SCB 처리구에서 낮게 조사되었으나 SAR는 높게 조사되었다(Table 6). 한지형잔디 식재골프장과 난지형잔디식재골프장의 F-test 결과는 다르게 나타났으며, 한지형잔디 식재골프장에서는 pH, EC, T-N, Na 및 COD 등이 통계적 유의성을 보였다( $P < 0.05$ ), 난지형잔디 식재골프장에서는 pH, EC, T-N, PO<sub>4</sub>-P, Na 및 SAR에서 통계적 유의성 보였다( $P < 0.01$ ).

시비방법에 따른 수질의 변화를 조사하기 위해 수질항목 간 상관관계를 조사하였다(Table 7). pH는 질소와 유의한 상관, BOD에 고도의 상관성을 나타내었고( $P < 0.01$ ),

Na는 BOD, COD, EC 및 SAR에 고도의 상관성을 나타내었으며( $P < 0.05$ ), PO<sub>4</sub>-P는 연못의 부영양화와 관련된 항목인 질소와 높은 상관성을 나타내었다( $P < 0.05$ ).

수질결과를 종합할 때, SCB의 시비는 화학비료 시비보다 연못물의 질소함량이 감소하여 부영양화 및 조류생성이 억제되었으나 이는 SCB 액비가 화학비료보다 시비량이 낮았기 때문으로 추정되며, 또한 연못물의 pH도 SCB 시비가 화학비료 시비보다 약간 감소하는 것으로 나타났다.

#### 토양과 수질의 상호관계

SCB 시비에 따른 토양과 수질의 변화를 조사한 결과, 골프코스에서 SCB의 시비가 골프코스의 토양과 연못물

**Table 8.** The correlation coefficient between soil property items and water quality items. (n=30)

Item	pH	EC	O.M	T-N	Av P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CEC	K	Ca	Mg	Na
pH	0.0047	0.0850	0.0349	0.0999	0.1693	0.0578	-0.1233	0.1297	-0.1401	-0.2718
EC	-0.0143	0.2424	-0.0944	-0.0796	0.0108	0.2890	0.2460	0.4370*	0.1992	0.4965**
T-N	-0.3911*	0.2974	-0.1149	0.2690	0.0164	0.2890	-0.5138**	0.3932*	-0.0086	-0.2375
PO <sub>4</sub> -P	-0.1717	0.1388	0.2681	0.1321	0.6891**	0.1287	-0.1406	-0.0738	0.0535	-0.1125
Na	0.3107	-0.2529	0.1539	-0.5522**	-0.1358	-0.0438	0.2769	-0.0861	0.1025	0.0601
BOD	0.3490	0.5492**	-0.7278**	0.2406	0.0947	-0.4686**	0.0239	-0.2464	-0.5279**	0.4176*
COD	-0.7138**	-0.0903	0.4023*	0.0452	0.1090	0.5973**	-0.4622**	0.4125*	0.5024**	-0.4038*
SAR	0.6751**	0.1734	-0.5488**	-0.2086	-0.1584	-0.5690**	0.4379*	-0.3299	-0.4873**	0.4561**

\*, \*\* Significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

**Table 9.** The correlation coefficient between N fertilization and N of soil and water.

Species	Soil		Water	
All	0.3974**	(n=96)	-0.0460	(n=262)
CSG	0.3134**	(n=48)	-0.2590**	(n=146)
WSG	0.4130**	(n=46)	0.1981*	(n=114)

<sup>2</sup>CSG and WSG represent cool-season grasses and warm-season grasses, respectively.

\*, \*\* Significant at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively.

수질을 오염에 영향을 미치지 않음을 확인하였으나 토양 중 유기물 함량이 감소하고, 수질의 pH가 감소하는 차이를 나타내었다. 따라서 SCB의 시비에 따른 토양과 수질의 상관관계에 대해 조사하였다.

페어웨이에 시비된 SCB 시비가 토양과 수질의 변화에 미치는 영향을 조사하기 위해 토양화학성과 수질분석항목 간의 상관관계를 조사하였다(Table 8). 토양의 유기물함량과 수질의 BOD가 부의 상관성을 보였다( $P < 0.01$ ). 이는 SCB 시비가 토양의 유기물함량을 낮추는 대신에 연못물의 BOD를 높이기 때문으로 보인다. 토양의 유효인산함량은 수질의 인산염인 함량과 정의 상관성을 보였으며( $P < 0.01$ ), 토양의 나트륨함량은 수질의 전기전도도와 SAR과 정의 상관성을 보였으며( $P < 0.01$ ). 이를 통해 SCB의 시비가 토양 중 유기물함량이 감소하고, 토양 중 Na 함량이 증가하고(Table 2), 이후 수질의 SAR이 증가하는 것을 확인할 수 있었다(Table 8).

SCB와 CF를 통해 시비된 질소는 토양과 수질에 미치는 영향을 평가하기 위해 시비량과 토양과 연못물의 질소함량사이의 상관관계를 조사한 결과, 토양은 고도의 상관성을 보였으나( $P < 0.01$ ) 수질은 상관관계를 나타내지 않았다(Table 9). 시비량과 수질의 상관관계가 차이를 나타낸 것은 한지형잔디와 난지형잔디가 식재된 지역에서 시비량에 따른 연못물의 질소함량 변화에 미치는 영향이 다르게 나타났기 때문으로 판단되며, 이는 잔디의 종류에 따라 생리적 특성과 토양조건에 따라 다르게 관리되어 주변 수계에 미치는 영향도 다르기 때문으로 추정된다(Jung et al., 1997). 이를 통해 SCB의 시비는 토양의 질소함량변화에 영향을 미치지만 연못물의 질소함량에는 잔디식재 토양에 따라 다르게 나타남을 확인하였다.

## 요 약

친환경적인 코스관리를 위해 가축분뇨액비를 활용하는 것은 매우 효과적인 방법이지만 시비 후 토양 및 주변수

계에 미치는 영향에 대한 조사는 미흡하다. 가축분뇨액비(SCB)와 화학비료(CF)를 살포한 후 토양과 수질을 주기적으로 모니터링하여 골프코스의 환경에 미치는 영향을 평가하였다. SCB 액비의 시비는 화학비료 시비 때보다 골프코스의 토양오염은 나타나지 않았고, 유기물함량, 양이온치환용량 및 치환성 칼슘이 감소하였다( $P < 0.01$ ). 주변 연못물의 모니터링에서 수질의 오염은 나타나지 않았으며, SCB가 시비된 주변연못의 pH와 질소함량이 감소하였다( $P < 0.01$ ). 토양과 수질의 특성 조사에서 SCB의 시비는 토양 중 유기물과 양이온치환용량을 감소시키고, 수질의 SAR를 증가시킨다( $P < 0.01$ ). SCB와 CF의 질소시비는 토양의 질소함량 변화와 상관성이 높으나( $P < 0.01$ ), 수질에 미치는 영향은 적었다. 이러한 결과를 종합할 때, 골프코스에서 SCB의 시비는 토양과 수질의 오염은 나타나지 않으며, 토양의 유기물과 연못물의 pH가 감소되어 토양의 대취량과 연못물의 조류의 감소효과가 기대되었다.

**주요어:** 가축분뇨액비(SCB), 모니터링, 토양특성, 수질

## Acknowledgement

This study was supported by a AGENDA(No:20090110 FT092760244) grant of Rural Development Administration, Republic of Korea.

## References

- Ham, S.K. and Y.S. Kim. 2011. The effect of developed SCB liquid fertilizer on the growth of creeping bentgrass. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):100-105. (in Korean)
- Ham, S.K., Y.S. Kim, and C.H. Park. 2010. The growth effects of creeping bentgrass by SCB(slurry composting and biofiltration) liquid fertilizer application. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(1):56-61. (in Korean)
- Ham, S.K., Y.S. Kim and H.J. Lim. 2011. The effect of developed SCB liquid fertilizer on the growth of kentucky bluegrass. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):73-78. (in Korean)
- Ham, S.K., Y.S. Kim, T.S. Kim, K.S. Kim, and C.H. Park. 2009. The effect of SCB(slurry compostion and biofilter) liquid fertilizer on growth of creeping bentgrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 23(1):91-100. (in Korean)
- Han, K.W., J.Y. Cho, and S.J. Kim. 1997. Effects of farming on soil contamination and water quality in Keum rever districts. *Korean J. Environ. Agric.* 16(1):19-24. (in Korean)
- Huh, K.Y., I.H. Kim, and D. Mrkus. 2009. Assessment of microbial decomposition in soil organic matter accumulation

- with depth in golf greens. J. Kor. Inst. Landscape Architec. 37(4):64-71.
- Huh, K.Y. and B.G. Ko. 2008. Organic matter dynamics on golf course greens. J. Kor. Inst. Landscape Architec. 36(3):21-28.
- Joo, J.H. and S.B. Lee. 2011. Assessment of nutrient losses in different slope highland soils amended with livestock manure compost. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(3):361-367. (in Korean)
- Jung, K.Y., N.J. Cho, and Y.G. Jeong. 1998. Comparison of liquid composting efficiency using liquid pig different condition. Korean J. Environ. Agric. 17(4):301-305. (in Korean)
- Jung, K.H., C.H. Park, D.Y. Choi, J.H. Kwa, C.B. Yang, and H. Kang. 2005a. Physicochemical characteristics of fermented pig manure compost and cow manure compost by pletizing. J. of KORRA. 13:118-127. (in Korean)
- Jung, Y.S., J.E. Yang, and J.H. Joo. 2005b. Report for survey of non-point source pollutants in alpine area. MOE. (in Korean)
- Jung, K.S., S.G. Heu, E.J. Roh, D.W. Lee, J.C. Yun, and K.H. Kim. 2011. Prevalence of pathogenic bacteria in livestock manure compost and organic fertilizer. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5):824-829. (in Korean)
- Jung, Y.S., J.E. Yang, Y.K. Joo, J.Y. Lee, Y.S. Park, M.H. Choi, and S.C. Choi. 1997. Water quality of streams and agricultural wells related to different agricultural practices in small catchments of the Han river basin. Korean J. Environ. Agric. 16(2):199-205. (in Korean)
- Kang, B.K., H.H. Jung, and K.S. Kim. 2010. Effect of slurry composted and biofiltered solution as an organic fertilizer on the growth of zoysiagrass. Hort. Environ. Biotechnol. 51(6):507-512. (in Korean)
- Kim, K.N. and B.J. Kim. 2010. Comparison of thatch accumulation in warm-season and cool-season turfgrasses under USAG and mono-layer soil systems. J. Kor. Inst. Landscape Architec. 38(1):129-136. (in Korean)
- Kim, M.K., G.B. Jung, S.C. Hong, S.S. Kang, and S.I. Kwon. 2011. Inactivation of *Escherichia coli* in surface water of saturated soil with the pig manure-based liquid fertilizers by ultraviolet radiation. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(3):368-370. (in Korean)
- Kim, M.K., S.O. Hur, S.I. Kwon, G.B. Jung, Y.K. Sonn, S.K. Ha, and D.B. Lee. 2010. Prediction of soil erosion from agricultural uplands under precipitation change scenarios. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(6):789-792. (in Korean)
- Kim, M.K., S.I. Kwon, S.S. Kang, G.B. Jung, and K.K. Kang. 2011. Changes of soil properties in corn(*Zea mays* L.) fields treated with compost and liquid fertilizer. Korean J. Soil. Fert. 44(3):473-478. (in Korean)
- Kim, Y.S. and S.K. Ham. 2009. The effect of rainfall, irrigation and fertilizer application on water properties of pond in golf course. Kor. J. Turfgrass Sci. 23(1):1-8. (in Korean)
- Kwon, S.I., K.R. Kim, M.K. Kim, G.B. Jung, S.G. Hong, J.D. Shin, W.K. Park, K.S. Seong, and D.B. Lee. 2010. Nutrient transfer in the application of the swine slurry fertilizer in rice paddy. J. of KORRA. 18(4):77-85.
- Lee, K.B., D.B. Lee, J.G. Kang, and J.D. Kim. 1999. Seasonal variation in water quality of Mankyoeung river and groundwater at controlled horticulture region. Korean J. Soil Sci. Fert. 32(3):223-231. (in Korean)
- Lee, K.B., J.G. Kim, Y.K. Shin, D.B. Lee, S.B. Lee, and J.D. Kim. 2005. Effects of livestock compost and soil conditioner application on greenhouse gases emission in paddy soil. Korean J. Environ. Agric. 24(2):177-122. (in Korean)
- Lee, K.H., H.H. Yoo, E.J. Park, Y.I. Jung, S.C. Tipayno, C.C. Shagol, and T.M. Sa. 2010. Effect of swine liquid manure on soil chemical properties and growth of rice(*Oryza sativa* L.). Korean J. Soil Sci. Fert. 43(6):945-953. (in Korean)
- Lee, S.B., J.G. Kim, K.B. Lee, D.B. Lee, and J.D. Kim. 2004. Decomposition of rice straw in paddy soil and affected by application of liquid pig manure. Korean J. Soil Sci. Fert. 37(2):104-108. (in Korean)
- Lee, S.B., K.M. Cho, M.H. Baik, J.J. Lee, Y.J. Oh, T.I. Park, and K.J. Kim. 2011. Effects of application method of pig compost and liquid pig manure on yield of whole crop barley(*Hordeum vulgare* L.) and chemical properties of soil in Gye-hwa reclaimed land. Koeran J. Soil Sci. Fert. 44(3):353-360. (in Korean)
- Lee, S.S., S.C. Kim, J.E. Yang, and Y.S. Ok. 2010. Seasonal monitoring of residual antibiotics in soil, water, and sediment adjacent to a cattle manure composting facility. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(5):612-618. (in Korean)
- Lim, T.J., S.D. Hong, S.H. Kim, and J.M. Park. 2008. Evaluation of yield and quality from red pepper for application rates of pig slurry composting biofiltration. Korean J. Environ. Agric. 27(2):171-177. (in Korean)
- MAF. 2010. Statistical research annual report of agriculture and forestry. Ministry of Agriculture and Forestry. Seoul. Korea. (in Korean)
- Nam, J.J., Y.M. Yoon, Y.H. Lee, K.H. So, and C.H. Kim. 2008. Life cycle assesment of greenhouse gas emission from livestock and food wastes co-digestive biogas product system. Korean J. Environ. Agric. 27(4):406-412. (in Korean)
- Nam, Y., S.H. Yong, and K.K. Song. 2011. Evaluating quality of fertilizer manufactrued(livestock manure compost) with different sources in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(5):522-527. (in Korean)

- NIAST. 1998. The chemical analysis of soil. NIAST. (in Korean)
- Park, J.H., J.K. Yeo, Y.B. Koo, W.W. Lee, H.C. Kim, and C.H. Park. 2008. Effects of slurry composting and biofiltration liquid fertilizer on growth characteristic of poplar clones in a reclaimed land mounding soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 41(5):318-323. (in Korean)
- Park, J.M., T.J. Lim, S.B. Kang, I.B. Lee, and Y.I. Kang. 2010. Effect of pig slurry fertigation on soil chemical properties and yield of tomato(*Lycopersicon esculentum* Mill.). Korean J. Soil Sci. Fert. 43(5):488-493. (in Korean)
- Park, W.K., N.B. Park, J.D. Shin, S.G. Hong, S.I. Koon, and K.K. Kang. 2011. Study on characteristics of biogas production and liquid fertilizer with anaerobic co-digestion of livestock manure and food waste. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5):895-902. (in Korean)
- RDA. 2009. Improvement of the swine slurry treatment and land application technology for recycling, pp. 1-50., In: kim, J.H., U.S. Jeong, J.G. Choi, J.H. Gwak, G.H. Jeong, M.S. Jeong, M.S. Han, Y.S. Song, T.H. Yun., C.Kim. (eds.) Improvement of the swine slurry treatment system by SCB process. 2009 Report of National Joint Agriculture Research Project of RDA, Suwon, Korea. (in Korean)
- Seo, Y.H., M.S. Ahn, A.S. Kang, and Y.S. Jung. 2011. Influence of continuous application of low-concentration swine slurry on soil properties and yield of tomato and cucumber in a green house. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(5):773-778. (in Korean)
- Sukhbir, G., S. Srinand, and C.M. Frederic. 2007. Persistence of *Listeria* and *Salmonella* during swine manure treatment. Comp. Sci. Util. 15:53-62. (in Korean)