

# 성분이 추가된 SCB저농도액비가 켄터키블루그래스의 생육에 미치는 효과

함선규 · 김영선\* · 임혜정  
에이엠잔디연구소

## The Effect of Developed SCB Liquid Fertilizer on the Growth of Kentucky Bluegrass

Suon-Kyu Ham, Young-Sun Kim\*, and Hye-jung Lim  
Turfgrass Research Institute, AMENC Co. Ltd, Inchoen, Rep. of Korea

**ABSTRACT.** This study was conducted to evaluate the effect of developed SCB (DSCB) liquid fertilizer produced by adding N, P and K at SCB liquid fertilizer on the growth of kentucky bluegrass. Two different N sources used in DSCB were ammonium sulfate (DSCB-A) and urea (DSCB-U), respectively. Fertilizer treatments were designed as follows; non-fertilizer (NF), control (CF; chemical fertilizer), DSCB-A1 (200 ml·m<sup>-2</sup>DSCB-A), DSCB-A2 (250 ml·m<sup>-2</sup>DSCB-A), DSCB-U (250 ml·m<sup>-2</sup>DSCB-U) and CF+SCB (CF+250 ml·m<sup>-2</sup>SCB). Every treatment was arranged in a randomized complete block design with three replications. In kentucky bluegrass, turf color index, chlorophyll index, dry weight and nutrient contents were measured. Results were as follows; It was hardly affected by DSCB and SCB application in investigation of chemical properties of soil. Turf color index and chlorophyll index in DSCB and SCB treatments were increased by 1~2% and 19~24% than NF, respectively and similar to CF. As applied with DSCB and SCB, dry weight of DSCB-U and CF+SCB was increased by 36% and 10% than CF, respectively, but similar to that of DSCB-A1 and DSCB-A2. Evaluated with turf quality and growth, DSCB-U was the best in all treatment and DSCB-A1 the most efficient. These results indicated that applications of DSCB and SCB promoted turf quality and growth of kentucky bluegrass or similar to CF, so that they were expected to replace chemical fertilizers.

**Key words:** Kentucky bluegrass, DSCB liquid fertilizer, SCB liquid fertilizer.

### 서 론

농업생태계는 자연환경을 기반으로 하여 경제적 이윤을 추구하는 산업으로 자연환경과 산업환경 사이에서 완충적인 역할을 하는 생산의 장으로 자연생태계와 유사한 점이 많으나(Yang and Lee, 2001; Yang et al., 2008) 농업활동을 통해 주변의 자연환경을 오염시키는 원인이 되기도한다(Han et al., 1997; Jung et al., 1997).

2010년 가축분뇨발생량은 연간 4,650만톤으로 약 2%인 107만톤이 해양에 투기되고 있으나 2012년부터 런던협약에 의해 가축분뇨의 해양투기가 전면 금지되어 이에 대한 대책이 절실히 요구되고 있다(Lee and Yoon, 2008; Sa et al., 2008). 가축분뇨는 오염부하량이 높아 정화되지 않고

수계로 유입되거나 농경지에 과량으로 사용하는 경우 환경오염, 위생문제 및 관개용수의 오염을 일으키는 환경오염원이 된다(Park et al., 2000; Lee et al., 2005; Baeg et al., 1996; Lee et al., 1993; Jung et al., 1997). 가축분뇨는 부패성 물질로 악취가 발생하여 정화처리과 재활용에 많은 어려움이 있으나 퇴비단여과법(Slurry Composting and Biofiltration; SCB)을 통해 생성된 SCB저농도액비는 다양한 유기산과 양분을 포함하고 냄새가 없는 것이 특징이다(RDA, 2007).

축산농업에서 발생한 가축분뇨를 재활용하고, 농업생산 활동에서 발생한 건초를 가축의 먹이로 재활용하는 자연 순환형 농업의 수행에 안전하고, 사용에 적합한 가축분뇨 액비를 생산하는 것은 지속가능하고, 친환경적인 농업을 이루는데 매우 중요한 요소이다. SCB저농도액비를 활용하기 위한 연구는 주로 농업에서 이뤄졌으며, 토양검정을 통해 수도작과 원예작물의 재배에서 화학비료를 대체할 수 있는 작물별 적정시비량, 주로 기비, 연구가 주로 이

\*Corresponding author; Tel: +82-32-741-8516  
E-mail : zeroline75@empas.com  
Received : May 23, 2011, Revised : June 10, 2011, Accepted : June 15, 2011

뤄지고 있다(Kwon et al., 2010; Park et al., 2010; Lim et al., 2008; Park et al., 2008).

골프코스에서 식재된 잔디는 일반작물과 달리 기비가 아닌 추비에 의해 관리되는 영속성 작물로서 작물의 관리방법과 많은 차이를 갖고 있다. Kang et al.(2010)은 SCB저농도액비의 시비가 한국잔디 예초물량이 감소한다고 보고하였고, Ham et al.(2009, 2010)은 SCB저농도액비를 사용하였을 때, 크리핑 벤트그래의 잔디 품질이 화학비료를 사용하였을 때와 비슷하며, 이 결론을 바탕으로 골프장에 사용되는 화학비료량을 약 50% 감소시킬 수 있다고 보고하였다. 그러나 SCB저농도액비는 주로 질소와 칼륨을 주성분으로 하고 있어(Park et al., 2010) 잔디의 구성성분 중 많은 부분을 차지하는 인산, 칼슘 마그네슘 등의 부족한 성분의 보충이 필요하다(Kim et al., 2008).

골프는 아름다운 자연환경과 쾌적한 환경에서 즐기는 스포츠(An et al., 1992)로서 SCB저농도액비를 이용하여 좋은 잔디품질을 제공하는 자연친화적인 코스관리에 활용하기 위해서는 양분함량이 일정한 액비의 공급시설과 대량으로 살포하기 위한 살포시스템 등을 갖추는 것이 필요하다. 따라서 본 연구는 SCB저농도액비를 골프코스에서 적절히 활용하기 위해 질소, 인산, 칼륨을 첨가한 SCB저농

도액비(DSCB)를 켄터키블루그래스에 처리하였을 때, 품질과 생육에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 2010년 5월부터 9월까지 6개월 동안 인천광역시 소재의 SKY72 골프클럽 증식포장에서 수행하였고, 공시잔디는 포장에 식재된 켄터키블루그래스 'Midnight'를 이용하였다.

### 공시 비료

공시비료는 화학비료(CF), SCB저농도액비(SCB) 및 성분이 추가된 개량 SCB저농도액비(DSCB; Developed SCB liquid fertilizer)를 이용하여 수행하였고, 각 비료의 함유성분함량은 Table 1과 같다. SCB저농도액비는 국립축산과학원에서 공여받아 사용하였고, 개량 SCB저농도액비는 성분추가를 위해 질소는 유안(N=21%)과 요소(N=46%)로, 칼륨은 염화加里( $K_2O=60\%$ )로, 질소와 인산은 제1인산암모늄( $N-P_2O_5=12-61$ )으로 보충하였다.

### 처리구설정 및 시험포관리

시험포장은  $3\text{ m}^2(1\text{ m}\times 3\text{ m})$ 크기로 난괴법(3반복)으로 배치하였다. 처리구설정은 비료처리여부에 따라 비료를 시비하지 않은 무처리구(NF), 화학비료를 시비한 대조구(CF), 유안으로 질소성분을 보정한 DSCB를 80% 시비한 처리구 1(DSCB-A1), 유안으로 질소성분을 보정한 DSCB를 100% 시비한 처리구 2(DSCB-A2), 요소로 질소성분을 보정한 DSCB처리구(DSCB-U) 그리고 대조구에 SCB를 시비한 처리구(CF+SCB)였다. 처리구에 따른 시비량은 잔디 생육을 고려하여 CF는 화학비료  $15.49\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ 을 월 1회 살포하고, DSCB와 SCB는 DSCB-A2, DSCB-U 및 SCB는  $250\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}$ 와 DSCB-A1은  $200\text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}$ 을 월 2회 살포하였다(Table 2).

**Table 1.** The content of fertilizer used in this study.

Fertilizer <sup>z</sup>	(Unit : %)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
CF	21.3	13.3	20.0
SCB	0.04	0.00	0.08
DSCB <sup>y</sup>	0.66	0.41	0.62

<sup>z</sup>Fertilizers are CF : chemical fertilizer, SCB : liquid fertilizer produced after slurry composting and biofiltration, and DSCB : SCB adding N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O.

<sup>y</sup>DSCB was produced by adding with ammonium sulfate and urea as N source, mono ammonium phosphate as N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sources, and potassium chloride as K<sub>2</sub>O source.

**Table 2.** The application method of fertilizer used in this experiment.

Treatment <sup>z</sup>	Application amount			Application rate (time·month <sup>-1</sup> ) <sup>y</sup>		
	CF (g·m <sup>-2</sup> )	SCB (ml·m <sup>-2</sup> )	DSCB (ml·m <sup>-2</sup> )	CF	SCB	DSCB
NF	-	-	-	-	-	-
CF	15.49	-	-	1	-	-
DSCB-A1	-	-	200 ml·m <sup>-2</sup>	-	-	2
DSCB-A2	-	-	250 ml·m <sup>-2</sup>	-	-	2
DSCB-U	-	-	250 ml·m <sup>-2</sup>	-	-	2
CF+SCB	15.49	250	-	1	2	-

<sup>z</sup>Treatments are NF: no fertilized, CF : chemical fertilizer, DSCB-A1: DSCB produced with ammonium sulfate 200 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-A2: DSCB produced with ammonium sulfate 250 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-U: DSCB produced with urea 250 ml·m<sup>-2</sup>, and CF+SCB: CF+SCB 250 ml·m<sup>-2</sup>.

<sup>y</sup>CF was applied in plot 1 time per month, and DSCB-A1, DSCB-A2, DSCB-U and SCB were supplied in plot 2 times per month.

재배기간 중 포장의 예초관리는 승용식 3갱모어로 주 1~2회 14 mm 예고로 실시하였고, 통기작업은 봄철에 1회 실시하였으나 시험기간 동안에는 실시하지 않았고, 배토는 3회 실시하였다. 잔디 생육 중 각종 병해방제를 위해 테부코나졸 유제를 2회 살포하였다.

**생육 조사 및 분석 방법**

잔디생육조사는 처리구별 엽색지수, 엽록소지수 및 잔디생육량을 조사하였다. 엽색지수와 엽록소지수는 turf color meter (SOUT, TCM 500)와 chlorophyll meter (SCOUT, CM 1000)을 각각 이용하여 6월 1일 부처 7일 간격으로 총 21회 조사하였다. 잔디생육량 조사는 14 mm 예고로 셋팅된 3갱모어를 이용하여 조사일마다 예초하여 수거된 잔디예초물을 70°C 드라이오븐에서 24시간 건조된 것을 건물중으로 측정하였고, 월 1회 조사하여 9월까지 총 4회에 걸쳐 조사하였다.

처리구와 시기에 따른 토양의 화학성을 조사하기 위해 시험전(5/20)과 시험 종료 후(9/20) 총 2회 실시하였으며, 분석항목은 pH, 전기전도도(EC), 유기물(O.M), 총질소(T-N), 유효인산(Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 양이온치환용량(CEC), 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na)등이고, 분석방법은 토양화학분석법(NIAST, 1998)에 준하여 분석하였다.

식물체분석은 시험 종료시기인 9월 20일 채취된 잔디예초물을 건조하여 시료로 사용하였고, 분석항목은 잔디생육에 주요 구성성분인 질소, 인, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등을 식물체분석법(NIAST, 1998)에 준하여 분석하였다. 잔디의 건물중 및 식물체분석결과는 Duncan다중검정을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**토양의 무기성분 함량**

시험전의 토양은 산도가 중성이고 유기물 0.28%, 총질소 0.02%, 유효인산 24 mg·kg<sup>-1</sup> 및 치환성 칼륨 0.16 cmol<sub>c</sub>·kg<sup>-1</sup>로 잔디생육에는 적합하였다(An et al., 1992).

시험 종료 후 토양의 화학성을 분석한 결과, 모든 처리구의 시험 전보다 pH와 유기물은 증가하였고, 전기전도도, 질소 및 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na)시험전보다 감소하였으나 처리구에 따른 차이는 나타나지 않았다(Table 3). 이를 통해 성분이 추가된 개량 SCB저농도액비(DSCB)의 시비는 토양의 화학적 특성에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

**잔디생육조사**

잔디의 처리구별 엽색지수와 엽록소지수를 측정한 결과, NF를 제외한 모든 처리에서 비슷한 경향으로 나타났으며, 잔디생육이 왕성한 9월에 가장 높은 엽색지수와 엽록소지수를 나타냈다(Fig. 1).

NF와 비교할 때, 엽색지수는 CF, DSCB-A1, DSCB-A2, DSCB-U 및 CF+SCB는 1~2% 증가하였고, 엽록소지수는 19~24% 증가하였다(Fig. 1). CF와 비교할 때, DSCB-A1, DSCB-A2, DSCB-U 및 CF+SCB의 잔디품질은 비슷하여 처리구별 차이를 나타내지 않았다(Ham et al., 2009; Ham et al., 2010).

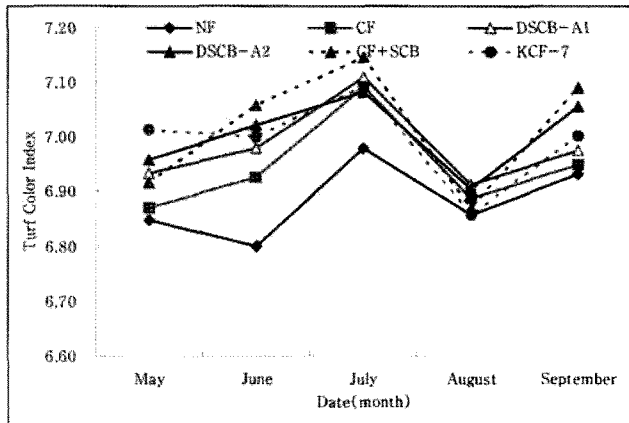
**잔디생육량**

잔디 생육량 조사는 시험기간 중 얻어진 잔디 예초물을 건물중으로 측정하고, 시험기간 동안 총 4회에 걸쳐 조사

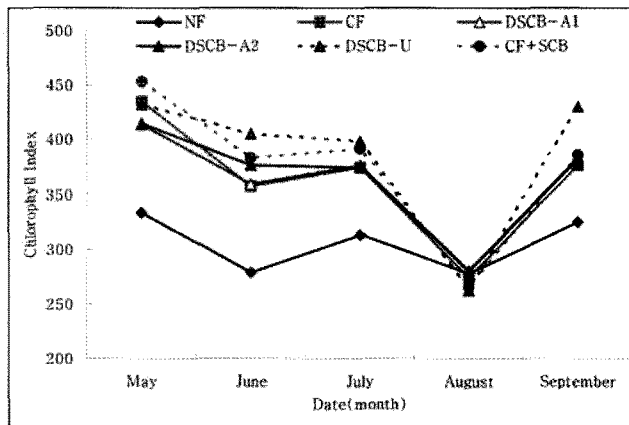
**Table 3.** The chemical properties change of soil before and after experiment.

Treatment <sup>a</sup>	pH (1:5)	EC	O.M	T-N	Av- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex-Cation				CEC
						K	Ca	Mg	Na	
		dS·m <sup>-1</sup>	(%)		(mg·kg <sup>-1</sup> )					
Before	7.90	0.35	0.28	0.02	24	0.16	4.97	0.56	0.09	1.80
NF	7.54	0.29	0.22	0.02	53	0.05	1.80	0.31	0.28	1.70
CF	7.72	0.30	0.31	0.02	53	0.05	1.95	0.31	0.26	2.07
DSCB-A1	7.66	0.29	0.32	0.03	81	0.05	1.80	0.29	0.29	1.97
DSCB-A2	7.77	0.28	0.36	0.02	50	0.03	1.88	0.27	0.28	1.87
DSCB-U	7.42	0.17	0.27	0.04	53	0.01	1.72	0.25	0.27	2.13
CF+SCB	7.82	0.28	0.27	0.02	42	0.01	1.63	0.26	0.27	2.05

<sup>a</sup>NF: no fertilized, CF: chemical fertilizer, DSCB-A1: DSCB produced with ammonium sulfate 200 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-A2: DSCB produced with ammonium sulfate 250 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-U: DSCB produced with urea 250 ml·m<sup>-2</sup>, and CF+SCB: CF+SCB 250 ml·m<sup>-2</sup>.



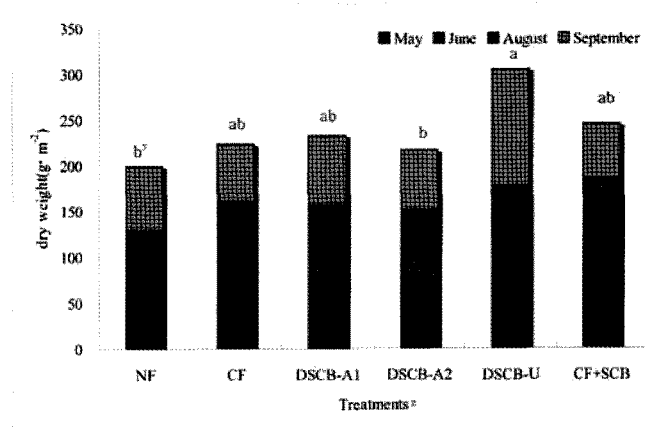
(A)



(B)

**Fig. 1.** The change of turf color index (A) and chlorophyll index (B) of kentucky bluegrass. NF: no fertilized, CF: chemical fertilizer, DSCB-A1: DSCB produced with ammonium sulfate 200 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-A2: DSCB produced with ammonium sulfate 250 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-U: DSCB produced with urea 250 ml·m<sup>-2</sup>, and CF+SCB : CF+SCB 250 ml·m<sup>-2</sup>.

하였다. 처리구별 총 예초물량은 NF, CF, DSCB-A1, DSCB-A2, DSCB-U 및 CF+SCB에서 198 g·m<sup>-2</sup>, 224 g·m<sup>-2</sup>, 232 g·m<sup>-2</sup>, 217 g·m<sup>-2</sup>, 305 g·m<sup>-2</sup> 및 245 g·m<sup>-2</sup>로 DSCB-U처리구에서 가장 높게 조사되었다(Fig. 2). NF와 비교할 때, CF, DSCB-



**Fig. 2.** The dry weight of kentucky bluegrass as affected by application of different fertilizers. NF: no fertilized, CF: chemical fertilizer, DSCB-A1: DSCB produced with ammonium sulfate 200 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-A2: DSCB produced with ammonium sulfate 250 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-U: DSCB produced with urea 250 ml·m<sup>-2</sup>, and CF+SCB: CF+SCB 250 ml·m<sup>-2</sup>. Mean by Duncan's multiple range test 5% level.

A1, DSCB-A2, DSCB-U 및 CF+SCB의 건물중은 9~54% 증가하였고, CF와 비교할 때, DSCB-A1과 DSCB-A2는 CF와 비슷한 결과를 나타내었고, DSCB-U와 CF+SCB는 각각 36%와 10% 증가하여 DSCB-U와 SCB처리에 의해 잔디생육량이 증가하였다(Ham et al., 2010; Park et al., 2010).

**잔디조직분석결과**

시험 종료 후 채취된 예초물을 건조하여 각종 성분을 분석한 결과, 잔디에 함유된 양분은 처리구에 따라 통계적 유의성을 나타내지 않았으나 질소는 DSCB-A1에서 가장 높고, 인은CF-SCB에서 가장 높았다. 칼륨은 NF보다 모두 높게 나타났으나 처리구별 차이는 나타나지 않았다 (Table 5).

시험기간 중 잔디의 엽색지수, 엽록소지수 및 건물중 등의 결과를 이용하여 각 처리구별 잔디생육을 평가할 때,

**Table 5.** The nutrient content in the turf plant after this experiment. (unit : %)

Treatments <sup>z</sup>	N	P	K	Ca	Mg	Na
NF	3.35a	0.15a	1.41a	0.16a	0.10a	0.06a
CF	3.08a	0.13a	1.45a	0.15a	0.10a	0.06a
DSCB-A1	3.55a	0.13a	1.46a	0.15a	0.10a	0.06a
DSCB-A2	3.22a	0.10a	1.34a	0.16a	0.09a	0.06a
DSCB-U	2.99a	0.13a	1.37a	0.16a	0.10a	0.07a
CF+SCB	3.36a	0.16a	1.46a	0.17a	0.10a	0.07a

<sup>z</sup>NF: no fertilized, CF: chemical fertilizer, DSCB-A1: DSCB produced with ammonium sulfate 200 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-A2: DSCB produced with ammonium sulfate 250 ml·m<sup>-2</sup>, DSCB-U: DSCB produced with urea 250 ml·m<sup>-2</sup>, and CF+SCB: CF+SCB 250 ml·m<sup>-2</sup>.

<sup>y</sup>Mean by Duncan's multiple range test 5% level.

가장 생육이 우수한 처리구는 DSCB-U로 조사되었다. 그리고, DSCB-A1은 CF보다 20% 적게 시비하였음에도 CF와 비슷한 잔디품질과 건물중을 나타내고 잔디 중 함유된 성분도 비슷하여 가장 효율적인 처리구로 조사되었다. 이러한 결과들을 통해 성분이 추가되어 개량된 SCB저농도액비(DSCB;DSCB-A1, DSCB-A2, DSCB-U)는 화학비료를 대신하여 활용할 수 있을 것으로 기대되었으며, 향후 DSCB의 시비방법에 따른 잔디생육과 토양 및 수질 등 환경에 미치는 영향을 조사하여 골프코스에서 가축분뇨액비나 SCB저농도액비를 안전하게 이용할 수 있는 관리기술의 개발이 필요하였다.

## 요 약

본 연구는 SCB 저농도액비에 질소, 인산, 칼륨 성분을 첨가한 개량SCB액비(DSCB)의 시비에 따른 켄터키블루그래스의 생육에 미치는 영향을 평가하기 위해 수행되었다. 처리구는 비료의 종류와 시비량에 따라 무처리구(NF), 화학비료를 시비한 대조구(CF), 유안으로 질소성분을 보정한 DSCB를 80% 시비한 처리구 1(DSCB-A1), 유안으로 질소성분을 보정한 DSCB를 100% 시비한 처리구 2(DSCB-A2), 요소로 질소성분을 보정한 DSCB처리구(DSCB-U) 그리고 대조구에 SCB를 시비한 처리구(CF+SCB)로 설정하였고, 각 처리구는 난과법, 3반복으로 수행하였다. 엽색지수, 엽록소지수, 건물중 및 잔디의 양분함유량을 조사하였다. 시험 전후 토양분석결과, 처리구에 따른 토양화학성의 변화는 나타나지 않아 DSCB와 SCB의 시비가 골프코스의 토양화학성의 변화에 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 엽색지수와 엽록소지수를 조사한 결과, NF보다 각각 1~2%와 19~24% 증가하였고, CF와는 비슷하였다. CF와 비교할 때, 잔디생육량은 CF와 비교할 때, DSCB-A1와 DSCB-A2는 CF와 비슷한 결과를 나타내었고, DSCB-U와 CF+SCB는 각각 36%와 10% 증가하여 DSCB-U와 SCB 처리에 의해 잔디생육량이 증가하였다. 잔디품질과 잔디생육이 가장 우수한 처리구는 DSCB-U였고, 시비효율이 가장 우수한 처리구는 DSCB-A1이었다. 이러한 결과들을 통해 켄터키블루그래스에서 DSCB의 시비는 화학비료와 비슷하거나 양질의 잔디 품질을 보여 골프코스관리에서 DSCB가 화학비료를 대체할 수 있을 것으로 기대되었다.

**주요어:** 켄터키블루그래스, 개량 SCB저농도 액비(DSCB), SCB저농도액비(SCB)

## 감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 어젠다 연구과제의 연구비 지원에 의해 연구되었으며, 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- An, Y.T., S.T. Kim, I.S. Kim, J.W. Kim, H.J. Kim, K.Y. Shim, S.W. Yang, J.J. Lee, S.K. Ham. 1992. Standard and practice for management in golf course. KTRI.
- Baeg, C.O., S.G. Kang, and K.S. Lee. 1996. A status of agricultural water quality and improvable countermeasure in Korea. Korean J. Environ. Agric. 15(4):506-519.
- 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.
- 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.
- Han, K.W., J.Y. Cho, and S.J. Kim. 1997. Effects of farming on soil contamination and water quality in Keum river districts. Korean J. Environ. Agric. 16(1):19-24.
- 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.
- Kang, B.K., H.H. Jung and K.S. Kim. 2010. Effect of Slurry Composted and Biofiltered Solution and an Organic Fertilizer on the Growth of Zoysiagrass. Hort. Environ. Biotechmo. 51(6):507-512.
- Kim, Y.S., T.S. Kim, and S.K. Ham. 2008. Investigation of nutrient contents at creeping bentgrass, kentucky bluegrass, and zoysiagrass in early winter. Kor. Turfgrass Sci. 22(2):141-148.
- Kwon, S.I., K.R. Kim, M.K. Kim, C.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 liquid fertilizer in rice paddy. J. of KORRA. 18(4):77-85.
- Lee, K.B., J.K. 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):117-122.
- Lee, K.H., J.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.
- Lee, S.E. and Y.M. Yun. 2008. The analysis of environmental loads and material recycling of the nutrients by the livestock wastewater origination from imported feeds. Proc. Trop. Korean J. Soil Sci. Fert. 41(2):100-115.
- Lee, J.S., J.K. Kang, and J.G. Kim. 1993. Studies on the Irrigation water quality along the Seomjin river. Korean J. Environ. Agric. 12(1):19-25.
- 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.
- NIAST. 1998. The chemical analysis of soil. NIAST.
- Park, B.K. 2000. Usage of livestock manure for fertilizer and environment. Soil and fertilizer 1:32-40.
- 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.
- Park, J.M., T.J. Lim, S.B. Kang, I.B. Lee, and Y.I. Kang. 2010. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(5):488-493.
- RDA. 2007. Treatment and recycling of livestock manure. Agricultural standard guide. RDA 109. pp. 224.
- Sa, D.M., J.B. Jung, and K.H. Han. 2008. Effect of livestock manure on yield of plant and change in physio-chemical properties of soil. Proc. Trop. Korean J. Soil Sci. Fert. 41(2):63-75.
- Yang, J.E. and K.S. Lee. 2001. Agriculture and Environment. The Korean Society of Environmental Agriculture. pp 11-32.
- Yang, J.E., J.B. Jung, J.U. Kim, and K.S. Lee. 2008. Agricultural environmentology. CIR. pp 1-49.