

# SCB 저농도액비의 시용이 크리핑벤트그래스의 생육에 미치는 영향

함선규<sup>1</sup> · 김영선<sup>1\*</sup> · 박치호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>에이엠잔디연구소, <sup>2</sup>농업기술실용화재단

## The Growth Effects of Creeping Bentgrass by SCB (Slurry Composting and Biofiltration) Liquid Fertilizer application

Suon-Kyu Ham<sup>1</sup>, Young-Sun Kim<sup>1\*</sup>, and Chi-ho Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Turfgrass Research Institute, AMENC Co. Ltd, Incheon, Korea

<sup>2</sup>Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer, Suwon, Korea

**ABSTRACT.** This study was conducted to evaluate the effect of application of SCB liquid fertilizer produced after slurry composting and biofiltration (SCB) on turfgrass growth in golf course during 6 month period from May to October in 2008. The change of soil properties by applying CF and SCB was unaffected respective treatments. As compared with NF, turf color index of CF, S-1 and S-2 increased by 1.8%, 2.5%, and 3.4%, respectively and chlorophyll content by 13%, 19%, and 25%, respectively. Dry weight of S-1 and S-2 was increased by 15% and 26% than that of CF. As compared with CF, N uptake rate in S-1 and S-2 was increased by 21% and 37%, P uptake rate 57% and 28%, and K uptake rate 16% and 27%, respectively. S-2 showed the best effect for turf color index, chlorophyll content, dry weigh and nutrient uptake rate in creeping bentgrass. These results suggested that an mixed application of SCB and compound fertilizer was improved turf quality and growth of creeping bentgrass by increasing nutrient uptake rate of turfgrass.

**Key words:** slurry composting & biofiltration (SCB), turfgrass growth, nutrient uptake rate, fertilization

### 서 론

축산은 삶의 질 향상에 따라 규모가 점차 증가하여 농업에서 중요한 산업으로 자리 잡았다. 축산에서 발생하는 가축분뇨는 질소와 인을 다량으로 함유하는 부패성물질로 정화되지 않고 수계로 유입되는 경우 환경오염을 유발하게 되고, 악취와 병원균의 전파 등을 통해 위생문제를 일으켜 농업활동에서 발생하는 가장 큰 비점오염원으로 수질, 토양 및 대기오염의 원인이 된다(박, 2000; 이 등, 2005). 현재 축산분뇨는 퇴비와 액비로 약 83% 정도가 활용되고 있고, 공공처리가 9% 이뤄지고 있으며, 6% 정도는 아직도 해양으로 투기되고 있다. 그러나 온실가스 발생에 따른 지구온난화를 방지하기 위해 국제적인 환경규제 및 국내의 환경기준 강화로 2012년부터는 해양투기가 금지되므로 바다에 투기되어 처리되는 가축분뇨는 대부분 재활용되어야 할 것으로 판단된다(이와 윤, 2008; 사 등, 2008). 가축분뇨의 처리에서 상대적으로 비용이 저렴한 여과처

리기술은 다양하게 활용되고 있고, 이 과정에서 발생한 퇴비와 액비는 좋은 비료자원으로 활용할 수 있다(이와 윤, 2008; 사 등, 2008). 가축분뇨가 가장 많이 활용되는 퇴비는 발효방법과 발효조건에 의해 부숙도가 향상되고(정 등, 1998; 강 등, 1999), 퇴비의 유효성분이 유지될 수 있다(이 등, 2000). 그러나 미부숙된 퇴비를 사용할 경우 작물의 생육장해를 일으키게 되므로 여러 지표를 통한 퇴비의 부숙도를 평가하여 사용하는 것이 필요하다(현과 강, 2008; 이 등, 2006; 장 등, 2008).

퇴비는 토양의 물리화학적, 지력 및 작물의 생산성을 향상시키기도 하지만 토양침식을 통해 수질오염의 원인이 되고(엄, 2008; 이 등, 2004; 황 등, 2006; 이 등, 2008), 지나치게 연용할 경우 토양 및 지하수오염의 원인이 된다(서와 정, 2008; 황 등, 2002; 황 등, 2004; 황과 유, 2005). 따라서 퇴비를 효율적으로 이용하기 위해서는 퇴비원료에 따른 양분유효율과 제형에 대한 변화가 필요하다(주 등, 2004; 황 등, 2007).

퇴비화 과정에서 발생하는 액비는 친환경농업과 자연순환형 농업에서 수도작과 시설원예재배에서 활용되어 작물의 생산성 향상을 위해 활용되고 있으나(김과 이, 2008; 이 등, 2004) 악취가 발생하고, pH와 오염부하량이 높아

\*Corresponding author; Tel: +82-32-741-8516  
E-mail : zeroline75@empas.com  
Received : May 25, 2010, Revised : June 05, 2010, Accepted : June 07, 2010

처리되지 못하고 방치되는 경우가 많다. 이러한 문제를 개선하기 위해 사용되는 퇴비단여과법(Slurry Composting & biofiltration; SCB)은 퇴비와 더불어 악취가 없는 양질의 저농도액비를 얻을 수 있다.

유기물은 물리화학성이 우수하여 골프코스의 토양물리성 개선에 효과적이나(주, 1991; 주, 1993) 여러 가지 토양개량제의 등장으로 퇴비비용은 감소하였다. 특히, 골프코스에서 지나친 유기물의 축적은 대취층을 형성하여 토양의 물리화학성을 악화시키고, 발병의 원인이 된다(조, 1995; 박 등, 1998). 가축분뇨액비의 시비는 잔디의 품질과 생육이 화학비료와 비슷하게 유지되며(함 등, 2009) 토양의 유기물의 분해를 촉진하여 토양 중 유기물 함량이 감소된다고 하였다(이 등, 2004). 따라서 가축분뇨액비를 사용하였을 경우 골프코스의 대취층에 지나친 유기물의 축적을 방지할 수 있다고 판단된다. 그러나 가축분뇨액비(SCB 저농도액비)에 포함된 비효성분이 부족하므로 작물의 생육에 필요한 양분을 보충하여 준다면 자연순환농업에서 가축분뇨액비의 새로운 수요처를 창출할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 퇴비단여과법(SCB)을 통해 생성된 SCB 저농도액비와 화학비료를 혼합하여 시비하였을 때, 크리핑벤프트그래스의 생육과 근권특성변화에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 잔디식재 및 공시비료 사용

본 실험은 2008년 5월부터 10월까지 인천광역시 소재의 SKY72 골프장 그린증식포장에서 수행하였고, 공시잔디는

포장에 식재된 크리핑벤프트그래스(*Agrostis stolonifeta* ssp. *stolonifera*) 품종인 'Penn-A1'를 이용하였다.

공시비료는 속효성 질소복합비료와 SCB 저농도액비를 사용하였다. SCB 저농도액비는 질소 0.138%와 칼리 0.3%가 주성분이고 인산과 칼슘, 마그네슘이 미량 포함되어 있었다(Table 1).

처리구는 3 m<sup>2</sup>(1 m×3 m)크기로 난괴법 3반복으로 수행하였다. 각 처리구는 SCB 저농도액비의 골프장 사용가능성을 염두에 두고 비료종류와 시비량을 기준으로 설정하였으며, 비료를 처리하지 않은 무처리구(NF), 복합비료를 시비한 대조구(CF), 1/2복합비료와 SCB 저농도액비 정량처리구(S-1, 1 L SCB·m<sup>-2</sup>), 1/2복합비료와 SCB 저농도액비 배량처리구(S-2, 2 L SCB·m<sup>-2</sup>)로 각각 설정하여 수행하였다(Table 2).

복합비료는 25 g·m<sup>-2</sup>(CF)와 12.5 g·m<sup>-2</sup>(S-1, S-2)을 분쇄기로 갈아 각각 200 ml의 수돗물에 넣고 약 4시간 진탕 후 여과하여 얻어진 액을 1 L로 희석하여 m<sup>2</sup>당 1 L를 액상비료살포기로 시비하였고, SCB의 시비는 S-1과 S-2 처리구로 나누어 각각 1 L·m<sup>-2</sup>와 2 L·m<sup>-2</sup>를 액상비료살포기로 월 1회씩 총 5회 시비하였다(Table 2).

재배기간 중 자주식그린모아(SIBAURA)로 주 2~3회 5.5 mm 예고로 예초를 실시하였고, 통기작업은 파종한 지 2년이 경과되지 않아 봄철 1회 실시하였으나 시험기간 동안에는 실시하지 않았고 배토는 3회 실시하였다. 잔디 생육 중 각종 병해방제를 위해 테부코나졸 유제와 이프로디온 수화제를 각각 3회와 2회 살포하였다.

### 잔디생육 조사 및 무기성분 분석

잔디생육조사는 처리구별 엽록소함량, 엽색지수 및 잔디생육량 등을 조사하였다.

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

(Unit : %)

Fertilizers	Type	Nutrient element(%)					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Compound fertilizer	Granule	11	5	7	20	4	0.1
SCB	Liquid	0.138	-	0.38	0.03	0.02	-

**Table 2.** Time table of fertilizer application during the experiment.

Treat-ments <sup>z</sup>	Compound fertilizer application (unit : g·m <sup>-2</sup> )					SCB application (L·m <sup>-2</sup> )				
	1st (5/10)	2nd (6/10)	3rd (8/14)	4th (9/18)	5th (10/18)	1st (5/10)	2nd (6/10)	3rd (8/14)	4th (9/18)	5th (10/18)
NF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CF	25	25	25	25	25	0	0	0	0	0
S-1	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	1	1	1	1	1
S-2	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	2	2	2	2	2

<sup>z</sup>Treatments were NF : no fertilized, CF : control fertilizer (11-5-7), S-1 : 1/2CF+SCB (1L·m<sup>-2</sup>), S-2 : 1/2+2SCB (2L·m<sup>-2</sup>).

엽색지수와 엽록소함량은 Turf color meter (SCOUT, CM 1000)와 Chlorophyll meter (SCOUT, CM 1000)를 각각 이용하여 조사하였으며, 조사 시기는 4월 28일부터 약 7일 간격으로 총 26회를 조사하였다. 예초물 조사는 월 1회 예초기에 수거된 예초물을 65°C 드라이오븐에서 24시간 건조시킨 후 건물 중으로 측정하였으며, 5월부터 10월까지 총 6회 조사하였다.

처리구와 시기에 따른 토양의 상태변화를 조사하기 위해 시험 전(4월 27일)과 시험 종료 후(10월 31일) 총 2회 시료를 채취하여 pH, 전기전도도(electro-conductivity; EC), 유기물(O.M), 총질소(total nitrogen; T-N), 유효인산(available phosphate; Av.-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 양이온치환용량(cation exchangeable capacity; CEC), 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na)을 농업과학원 토양화학분석법(농업과학기술원, 1998)에 준하여 분석하였다.

잔디식물체 분석은 건물 중을 측정된 시료를 사용하여 총 6회 분석하였고, 잔디 중 양분함량과 건물중을 통해 잔디의 양분흡수량을 조사하였다. 분석항목은 잔디생육에 주요 구성성분인 질소, 인, 칼리, 칼슘 및 마그네슘 등을 농업과학원의 식물체분석법(농업과학기술원, 1998)에 준하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 토양의 무기성분 함량

시험 전 토양의 화학성은 Table 3과 같다. 본시험에 사용된 골프장의 토양화학성은 안 등(1992)이 제시한 그린의 이상적인 토양화학성 기준과 비교할 때 전기전도도, 유

기물 및 질소는 적합하였으나 유효인산, 양이온치환용량, 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na) 등은 낮게 나타났으며, pH는 중성이었다. 시험 종료 후 토양화학성 분석결과는 Table 4에 제시하였다. 시험 전에 비하여 pH와 전기전도도 및 양이온치환용량은 모든 처리구에서 약간 감소하였고, 유기물질소유효인산칼리는 시험전과 비슷하였으며, 칼슘마그네슘나트륨은 시험전보다 증가하였다. 시험 후 처리구별 토양화학성 분석결과는 pH, 전기전도도, 질소, 칼리, 마그네슘, 나트륨 및 양이온치환용량은 비슷하였으나 유기물은 무처리구에서 약간 높았으며, 인산과 칼슘은 무처리구보다 복합비료와 SCB 저농도액비를 시비한 처리구에서 약간 높게 나타났다. 그리고 복합비료와 SCB 저농도액비의 처리량에 따른 처리구별 토양화학성의 변화는 나타나지 않았다.

### 잔디 생육 조사

엽색지수와 엽록소함량을 측정된 결과, 잔디생육이 왕성한 6월까지의 점차 증가하다가 한지형잔디의 생육이 불량해지는 7월과 8월에는 감소하였고, 한지형잔디의 생육이 회복되는 9월 이후에는 다시 증가하였다(Fig. 1). 시험기간 중 측정된 엽색지수와 엽록소함량의 평균값을 비교할 때, 엽색지수는 CF, S-1, S-2에서 NF보다 1.80%, 2.45%, 3.39% 각각 증가하였고(Fig. 1a), 엽록소함량은 12.9%, 18.9%, 24.7% 증가하여 S-2 > S-1 > CF > NF 순으로 나타났다(Fig. 1b). 엽색지수와 엽록소 함량은 질소 시비량이 대조구와 동일한 S-1과 50% 많은 S-2에서 대조구보다 높게 나타나 화학비료와 SCB 저농도액비를 혼합하여 시비하는 것이 화학비료를 시비하는 것보다 잔디품질 향상에 효과적이었다.

**Table 3.** The chemical properties of soil at the beginning of experiment.

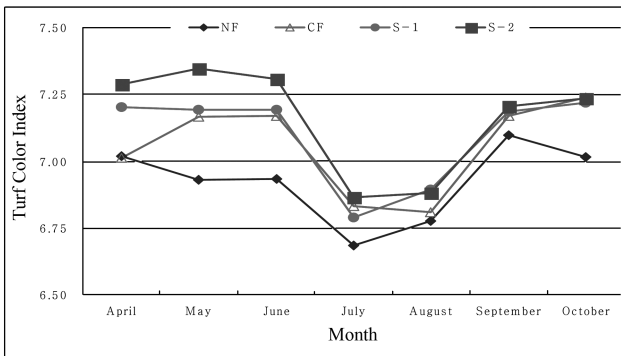
pH (1:5)	EC dS·m <sup>-1</sup>	OM (%)	T-N (%)	Av.-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg·kg <sup>-1</sup>	Exchangeable Cations (cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup> )			
					K	Ca	Mg	Na
6.94	1.22	1.02	0.05	38	0.13	3.39	0.18	0.05

**Table 4.** The chemical properties of soil after experiment.

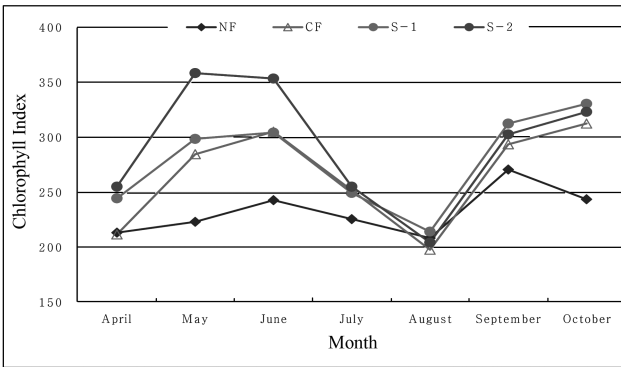
Treat-ments <sup>z</sup>	pH (1:5)	EC dS·m <sup>-1</sup>	OM (%)	T-N (%)	Av. -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg·kg <sup>-1</sup>	Exchangeable Cations (cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup> )			
						K	Ca	Mg	Na
NF	6.51a <sup>v</sup>	1.09a	1.29a	0.06a	27a	0.09a	3.99a	0.29a	0.10a
CF	6.39a	1.09a	0.84a	0.04a	40a	0.11a	4.77a	0.32a	0.11a
S-1	6.43a	1.09a	0.80a	0.07a	27a	0.10a	4.90a	0.33a	0.11a
S-2	6.39a	1.11a	0.79a	0.05a	47a	0.09a	4.42a	0.30a	0.11a

<sup>z</sup>Treatments were NF : no fertilized, CF : control fertilizer (11-5-7), S-1 : 1/2CF+SCB (1 L·m<sup>-2</sup>), S-2 : 1/2+2SCB (2 L·m<sup>-2</sup>).

<sup>v</sup>Mean by Duncan's multiple range test at 5% level

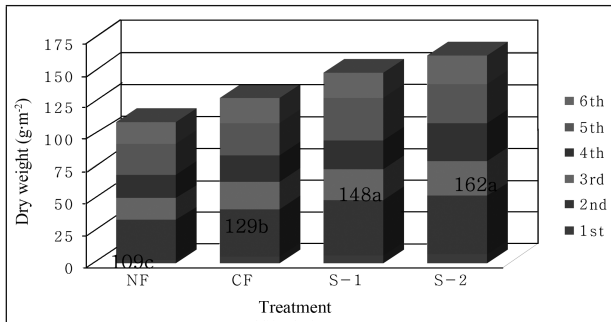


(a)



(b)

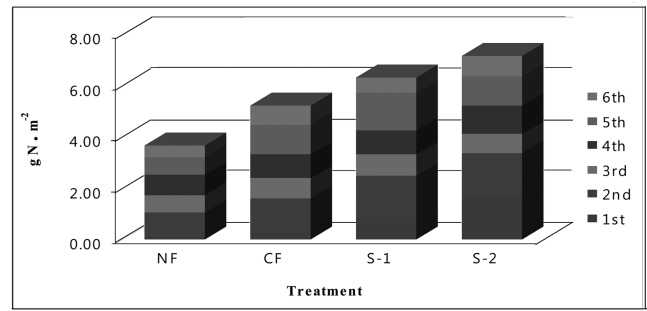
**Fig. 1.** The change of turf color and chlorophyll index in creeping bentgrass. NF : no fertilized, CF : control fertilizer (11-5-7), S-1 : 1/2CF+SCB (1 L·m<sup>-2</sup>), S-2 : 1/2+2SCB (2 L·m<sup>-2</sup>).



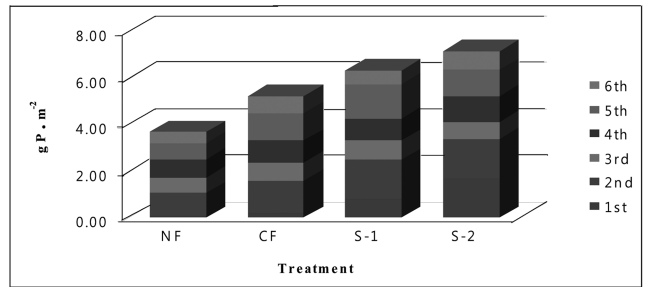
**Fig. 2.** The dry weight of clippings of creeping bentgrass as affected by fertilizers application. The dry weight was investigated 6 times during the experiment. NF : no fertilized, CF : control fertilizer (11-5-7), S-1 : 1/2CF+SCB (1 L·m<sup>-2</sup>), S-2 : 1/2+2SCB (2 L·m<sup>-2</sup>).

**잔디 생육량 조사**

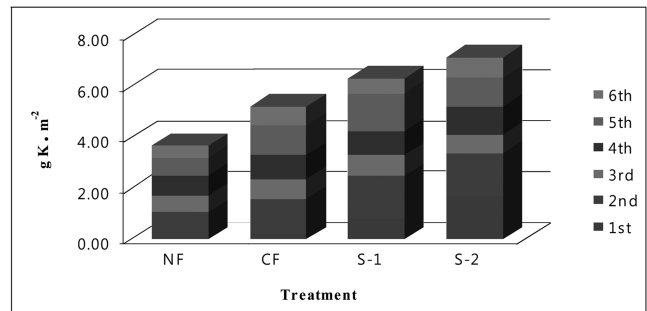
SCB 저농도액비의 처리에 따른 처리구별 잔디예초물의 건물중 측정결과는 Fig. 2와 같다. 시험기간동안 잔디생육량은 총 6회에 걸쳐 조사하였고, 처리구별 총 건물중량은 CF, NF, S-1, S-2에서 각각 109 g·m<sup>-2</sup>, 129 g·m<sup>-2</sup>, 148 g·m<sup>-2</sup>,



(a) N



(b) P



(c) K

**Fig. 3.** The nutrients uptake of creeping bentgrass as affected by fertilizers application. Nutrient contents was investigated 6 times during the experiment. NF : no fertilized, CF : control fertilizer (11-5-7), S-1 : 1/2CF+SCB (1 L·m<sup>-2</sup>), S-2 : 1/2+2SCB (2 L·m<sup>-2</sup>).

162 g·m<sup>-2</sup>으로 조사되어 S-2 > S-1 > CF > NF 순으로 나타났다. 무처리구와 처리구 간의 예초물량은 CF, S-1 및 S-2가 NF보다 18%, 35%, 48% 각각 높게 나타났고, S-1과 S-2는 CF보다 각각 15%와 26% 정도 잔디 생육량이 증가하여 화학비료만을 처리하는 것보다 화학비료와 SCB 저농도액비를 혼합하여 처리하는 것이 잔디 생육을 향상시켰다.

**잔디 양분 흡수량**

잔디의 양분흡수량은 건물중 조사를 위해 수거된 잔디에 함유되어 있는 질소, 인산 및 칼리를 분석하여 조사하였다 (Fig. 3). 잔디의 시험기간 중 흡수된 질소, 인산 및 칼리의 총량을 비교할 때, 모든 원소가 S-2 > S-1 > CF > NF 순

**Table 5.** Nutrients content in the leaves of creeping bentgrass at the end of the experiment.

(Unit : %)

Treatments <sup>z</sup>	Nutrient element(%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Na
NF	2.94 <sup>c</sup>	0.17 <sup>b</sup>	1.51 <sup>b</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.09 <sup>a</sup>
CF	3.71 <sup>a</sup>	0.24 <sup>a</sup>	1.81 <sup>a</sup>	0.45 <sup>a</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.08 <sup>a</sup>
S-1	3.22 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>	1.74 <sup>a</sup>	0.44 <sup>a</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>
S-2	3.57 <sup>a</sup>	0.20 <sup>ab</sup>	1.82 <sup>a</sup>	0.41 <sup>a</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>NF : no fertilized, CF : control fertilizer(11-5-7), S-1 : 1/2CF+SCB(1 L·m<sup>-2</sup>), S-2 : 1/2+2SCB(2 L·m<sup>-2</sup>).<sup>3</sup>Mean by Duncan's multiple range test at 5% level.

으로 나타나 건물중과 동일한 결과를 나타내었다. 질소는 무처리구와 비교할 때, CF, S-1 및 S-2가 각각 42%, 72%, 95% 증가하였고, 대조구(CF)와 SCB 저농도액비처리구(S-1, S-2)를 비교할 때, S-1과 S-2는 각각 21%와 37% 증가하였다. 인은 CF, S-1 및 S-2가 NF보다 각각 38%, 117%, 28% 증가하였고, S-1과 S-2는 대조구(CF)보다 각각 57%와 28% 증가하였다. 칼리는 CF, S-1 및 S-2가 NF보다 각각 27%, 47%, 61% 증가하였고, S-1과 S-2는 대조구(CF)보다 각각 16%와 27% 증가하였다. 잔디의 양분흡수량 조사에서 화학비료와 SCB 저농도액비를 혼합하여 시비하는 처리구에서 잔디의 질소, 인산, 칼리 흡수와 각 양분흡수효율이 증가하여 화학비료만 시비하는 것보다 화학비료와 SCB 저농도액비를 함께 시비할 때, 잔디 생육과 더불어 양분흡수량이 향상되었다.

### 시험 종료 후 잔디의 무기물 함량

시험 종료 후 채취한 잔디조직을 분석한 결과, CF, S-1 및 S-2는 NF보다 질소는 10~26%, 인은 18~41%, 칼리는 15~21% 정도 더 높았으며, 질소를 제외한 다른 양분 함유량은 CF, S-1 및 S-2에서 비슷하였다(Table 5). 처리구별 질소함량은 복합비료처리구에서 가장 높게 나타났고, SCB 저농도액비 처리구는 S-1가 약간 더 높고 그 다음으로 S-2로 나타났다. 잔디에 함유된 양분은 Mills와 Jones (1996)가 제시한 적정범위보다 질소, 인 및 마그네슘은 부족하였으나 칼리와 칼슘은 적절하였다.

## 요 약

본 연구의 목적은 퇴비단여과법(SCB)을 통해 생성된 액비의 골프장 잔디에 적용가능성과 자연순환농업정책의 새로운 수요처로서 적합성여부를 평가하기 위해 SCB 저농도액비가 크리핑벤트그래스의 생육과 토양특성변화에 미치는 영향을 조사하고자 2008년 4월부터 10월까지 6개월간 수행하였다. 시험전후 토양화학성의 변화는 SCB 저농도액비 처리구(S-1, S-2)와 대조구(CF)에서 무처리(NF)보

다 토양 중 함유된 양분이 증가하였으나 토양화학성의 변화는 나타나지 않았다. 엽색지수와 엽록소지수 측정결과, CF보다 SCB 저농도액비 처리구(S-1, S-2)에서 높게 나타났으며, 잔디 생육량은 S-1과 S-2가 CF보다 각각 15%와 26%정도 증가하여 화학비료와 SCB 저농도액비를 혼합하여 처리하는 것이 잔디 품질과 생육을 향상시켰다. 시험 종료 후 잔디 조직 중 함유된 양분은 대조구와 SCB 저농도액비 처리구에서 큰 차이는 나타나지 않았으나 시험기간 중 조사된 잔디의 양분 흡수량은 SCB 저농도액비 처리구(S-1, S-2)에서 질소가 21~37%, 인이 28~57%, 칼리가 16~27% 증가되었다.

**주요어:** 퇴비단여과(Slurry composting & biofilter : SCB), SCB 저농도액비, 양분흡수량, 잔디생육

## 감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 자연순환농업연구사업단의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

## 참고문헌

1. 강향원, 이인구, 박향미, 고지연, 최정. 1999. 축분 퇴비화시 공기유출율이 암모니아 배출에 미치는 영향. 한토비지 32(3):304-311.
2. 김계훈, 이승현. 2008. 친환경 자연순환형 농업의 이해와 현실. 한국토양비료학회 2008년도 추계 학술발표회 논문집. p. 39-49.
3. 농업과학기술원. 1998. 토양화학분석법. 농촌진흥청.
4. 박백균. 2000. 가축분뇨 자원화와 환경. 토양과 비료 1:32-40.
5. 박진희, 강시용, 김희규. 1998. *Rhizoctonia solani* AG2-2(IV), *Trichoderma harzianum*, *Chaetomium cochliodes*의 생육생리와 이들 미생물들의 한국잔디 대취충 관련 탄소원 이용도 조사. 한잔지. 12(4):211-220.
6. 사동민, 정중배, 한광현. 2008. 가축분 비료가 토양과 작물에 미치는 영향. 한국토양비료학회 2008년도 추계 학술발표회

- 논문집. p. 63-75.
7. 서영호, 정영상. 2008. 양분균형의 측면에서 화학비료의 필요성. 한국토양비료학회 2008년도 추계 학술발표회 논문집. p. 50-62.
  8. 엄기철. 2008. 농업의 역할과 환경. 한국토양비료학회 2008년도 추계 학술발표회 논문집. p. 1-24.
  9. 이경보, 김종구, 신용광, 이덕배, 이상복, 김재덕. 2005. 가축분퇴비 및 토양개량제 처리가 온난화 가스 배출에 미치는 영향. 환경농학회지 24(2):117-122.
  10. 이덕배, 김종구, 이경보, 이상복, 김재덕. 2000. 인공제올라이트 처리가 가축분 퇴비의 발효 및 암모니아, 메탄가스 발생에 미치는 영향. 한토비지. 33(5):361-368.
  11. 이상복, 김종구, 이경보, 이덕배, 김재덕. 2004. 논토양에서 가축분뇨 액비시용이 벚짚 분해에 미치는 영향. 한토비지. 37(2):104-108.
  12. 이상은, 윤영만. 2008. 수입사료에 의한 가축분뇨 물질순환 및 환경부하 분석. 한국토양비료학회 2008년도 추계 학술발표회 논문집. p. 100-115.
  13. 이용환, 이상민, 성좌경, 임영철. 2008. 유기조사료로 이용되고 있는 벚짚의 유기물을 가축분뇨로 대체하자. 토양과 비료 34:23-28.
  14. 이창호, 옥용식, 윤영만, 김대연, 임우길, 엄기철, 김정규. 2006. 가축분뇨를 원료로 하는 부산물 비료의 부숙화에 따른 물리화학적 특성변화. 한토비지. 39(4):224-229.
  15. 장기운, 홍주화, 이종진, 한기필, 김남천. 2008. 축분 퇴비의 이화학적 특성과 발아지수를 이용한 부숙도 평가. 한토비지. 41(2):137-142.
  16. 정광용, 조남준, 정이근. 1998. 가축분뇨 슬러리액비 부숙조건별 특성비교. 환경농학회지 17(4) : 301-305.
  17. 조영일. 1995. 골프장 잔디 전용 유기태질소 비료에 의한 미생물 유기농학. 남서울컨트리클럽.
  18. 주영규. 1991. 산업폐기물의 잔디용 유기질 비료화에 관한 연구. 한잔지. 5(2):81-86.
  19. 주영규. 1993. 유기물의 토양 개량 효과 측정. 한잔지. 7(1):13-18.
  20. 주영규, 정영상, 이상국, 김은규. 2004. 축분 유기질비료의 고형화에 의한 비효 연장. 한잔지. 18(2):71-76.
  21. 축산과학연구원. 2005. 퇴비화공정을 연계한 돈분뇨 슬러리정화 및 액비화기술 개발. 축산시험연구보고서. p. 545-603.
  22. 함선규, 김영선, 김택수, 김기선, 박치호. 2009. 저농도 SCB 액비의 시용이 크리핑벤트그래스의 생육에 미치는 영향. 한잔지. 23(1):91-100.
  23. 황기성, 호교순, 김형득, 최주호. 2002. 가축분 퇴비 사용에 따른 밭 토양의 EC 및 질산태질소 함량 변화. 환경농학회지 21(3):197-201.
  24. 황기성, 호교순, 유봉식. 2004. 제주 밭토양에서 가축분 퇴비의 시용에 따른 양분의 이동양상. 환경농학회지 23(3):133-137.
  25. 황기성, 유봉식. 2005. 가축분 퇴비의 시용량에 따른 제주 밭 토양의 부식의 형태별 함량 변화. 환경농학회지 24(4):364-369.
  26. 황기성, 유봉식, 김영철. 2006. 가축분 퇴비 시용량에 따른 고 무나무의 생육상황 변화. 환경농학회지 25(2):170-173.
  27. 황기성, 이인복, 박진면. 2007. 제주 토양에서 시용한 가축분 중 양분의 유효화율. 환경농학회지 26(1):49-54.
  28. Mill, H.A. and J.B. Jones, Jr. 1996. Plant analysis handbook II. Micro-Macro Publ., Inc., Athens, GA.