

석문 간척지에서 돈분액비 및 석고처리가 여름철 사료작물 수량 및 토양이화학성에 미치는 영향

최기춘¹ · 윤세형¹ · 신재순¹ · 김동관² · 한효심³ · 수판자니⁴ · 이경동*

동신대학교, ¹농촌진흥청 축산과학원, ²전남농업기술원, ³순천대학교, ⁴벵골루대학교

Effects of Soil Amendment Application on Soil Physico-chemical Properties and Yields of Summer Forage Crops in the Sukmoon Reclaimed Tidal Land in Korea

Ki-Choon Choi¹, Sei-Hyung Yoon¹, Jae-Soon Shin¹, Dong-Kwan Kim², Hyo-Shim Han³, Supanjani⁴ and Kyung Dong Lee* (Dept. of Oriental Medicine Materials, Dongshin University, Naju 520-714, Korea, ¹National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea, ²Jeonnam ARES, Naju 520-715, Korea, ³Dept. of Bio-Environment & Chemistry, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea, ⁴The University of Bengkulu, Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu 38371A, Indonesia)

Received: 13 December 2010 / Accepted: 24 December 2010
© The Korean Society of Environmental Agriculture

Abstract: Soil physico-chemical properties and microbial densities are affected by organic sources and soil amendment applied to improve soil environments or quality. Generally organic fertilizer effects on forage crops yield and soil properties are partly due to changes of soil composition. We investigated the effects of swine slurry (SS), swine slurry composting-biofiltration(SCB) and chemical fertilizer(F) with gypsum(G) combinations on soil physico-chemical properties and yields of summer forage crop in the Sukmoon reclaimed tidal land in Korea. The forage crops used in this experiment were corn and sorghum×sudangrass hybrid(hereafter sorghum). Our results showed that the soil physico-chemical properties in the combined (F+G, SS+G, SCB+G) treatments increased contents of organic matter and exchangeable Ca^{2+} , but exchangeable Na^+ , K^+ and Mg^{2+} reduced to 1-10% for two forage crops, compared to non-combined (F, SS, SCB) treatment. The density of soil microorganism such as bacteria, actinomycetes and fungi, increased significantly by SS+G and SCB+G treatments. This means that treatment of combined organic fertilizer with G lowered

salinity levels and improved with microbial growth. The combined treatments also increased the total yields 2.3-6.2% for corn and 2.0-8.7% for sorghum, compared with non-combined treatment. This experiment suggests the combined treatments could increase the total yields of summer forage crops and change of soil physico-chemical properties in the Sukmoon reclaimed tidal land in Korea.

Key Words: Reclaimed land, Salinity, Forage crop, Yield, SCB, Gypsum

서론

우리나라 간척사업은 서남해안을 중심으로 약 155,582 ha로(KRC, 2007) 벼와 같은 곡류생산뿐만 아니라 사료용 작물, 채소, 약용작물 등 품종이 다양해지고 있다. 특히, 새만금, 화옹, 이원, 대호 등 신간척지는 사료작물인 사탕수수, 수수, 옥수수, 유채, 총채보리 등과 경제작물 선발 등 다양한 연구(Yoo and Park, 2004; Sohn *et al.*, 2009; Lim *et al.*, 2010)를 실시하여 경지이용률을 높이거나 작목별로 효과적인 재배생산을 하기 위해 노력하고 있다. 그러나 신간척지에서 작물재배시 문제가 되는 것은 염분의 함량이 높고 배수가 불량한 관계로 작물재배가 쉽지 않다. 특히 논보다는 밭으로 전용했을 때 가뭄시 염분이 상승하거나 토양물리화학성

*교신저자(Corresponding author): K. D. Lee
Tel: +82-61-330-3261 Fax: +82-61-330-2885
E-mail: leek-d@hanmail.net

이 불량(Yoo *et al.*, 1989; Hwang *et al.*, 1990; Yoo *et al.*, 1993)하여 장마철에도 물빠짐이 잘 되지 않아 많은 피해가 발생된다. 이런 피해를 줄이고자 내염성이 강한 작물의 선정이 중요하며(Shin *et al.*, 2005)) 간척지 토양이 가지고 있는 이화학적 특성을 고려한 시비가 이루어져야 한다(Shin *et al.*, 2004)고 하였다. 일반적으로 식물의 염분과다 피해는 다양한 복합적인 상호작용이 있으며, 염류의 농도 증가는 Na⁺와 K⁺ 사이에 경쟁적인 흡수작용이 일어난다(Wang *et al.*, 1997). 이런 환경을 개선하기 위하여 간척지에 석고와 같은 토양개량제(Sohn *et al.*, 2007)나 돈분액비와 같은 유기물(Sohn *et al.*, 2007; Baek *et al.*, 2009)을 사용하면 토양의 치환성이온인 Na⁺나 Mg²⁺함량은 줄고 Ca²⁺함량은 촉진시킬 수 있다. 일반적으로 염해지 토양에서 석고비료의 소요량은 정도의 차이는 있지만 대략 200-300 kg/10a로 사용하는 것이 좋고, 그 효과는 유기물비료를 병용했을 때 비의 초기생육 등을 높일 수 있다고 하였다(Hwang *et al.*, 1990). 또한 간척지 토양에 적합한 질소의 형태는 생리적 산성비료인 유안((NH₄)₂SO₄)을 사용하는 것이 요소(urea)보다 수량 및 품질이 증대된다(Shin *et al.*, 2005)고 하였다. 염해지 토양에 유기질 비료를 사용하면 토양유기물 증대는 토양의 물리화학적 및 토양 미생물활성을 증대시키는 등 염류토양 비옥도 향상에 매우 효과적이다. 그 중에서 돈분액비의 간척지 사용은 사료작물, 조경수 등의 수량 증대 및 화학비료 절감효과 등이 보고 되었다(Park *et al.*, 2008; Jo *et al.*, 2010). 돈분액비 중 SCB (swine slurry composting & biofiltration)는 돈분분뇨에 톱밥으로 충전하여 여과상의 돈분액비로서 채소등의 양액제배, 벼재배 등 다양하게 이용할 수 있는 장점을 지니고 있을 뿐만 아니라 돈분분뇨의 악취와 양분의 불균일을 개선하는데 유용하며(Ham *et al.*, 2010), 사료작물재배지에 사용될 화학비료 대신 저렴한 비용으로 토양환경을 개선시켜 사료작물의 생산성을 향상시킬 수 있다. 특히, SCB액비의 농경지 투입

은 유기농업에서 중요한 역할을 담당할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 간척지에서 돈분액비(돈분슬러리, SCB액비) 및 토양개량제인 석고를 사용하여 토양환경개선에 미치는 영향들을 조사하고, 여름철 사료작물인 옥수수과 수수수수단그라스 교잡종의 생육 및 수량에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

공시 토양 및 돈분액비 분석

본 시험포장지는 2009년 충남 당진군 석호간척지(동경 126° 39', 북위 36° 57')이며, 2005-2008년도까지 사료작물을 부분적으로 재배한 포장이다. 간척지 토양특성을 파악하기 위하여 토양표면에서 10 cm 깊이 단위로 토양을 채취한 다음 지퍼백에 담아 밀봉하여 토양분석을 위한 시료로 사용하였다. 토양물리성 분석은 토양입경분포 비율은 피펫법, 용적밀도는 코아법으로 실시하였고(Sheldrick and Wang, 1993), 그 결과는 Table 1에 제시하였다. 공시토양의 화학성 분석은 농촌진흥청 표준분석법(NIAST, 2000)에 준하여 실시하였으며(Table 2), 시험전과 후의 분석시료는 토양을 채취하여 음건한 다음 2 mm체를 통과시켜 사용하였다. pH와 EC는 풍건한 토양과 증류수를 1:5로 하여 30분간 진탕한 현탁액을 측정하였고, 유효인산은 Lancaster법, 유기물함량은 Wakley와 Black법으로 분석하였다. 그리고 치환성 양이온(Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺)은 5 g의 토양시료에 50 ml의 1 M NH₄OAc(pH 7.0)를 가하여 30분간 진탕 여과하여 원자흡광분석법(Atomic absorption spectrophotometer, Shimadzu 660)으로 측정하였다. 사료작물 생육기 중의 공시토양 채취 시기는 사료작물 파종기부터 수확기까지 15-30일 간격으로 채취하였다. 시험에 사용된 돈분슬러리(swine slurry, SS), SCB(swine slurry composting-biofiltration, SCB)액비는

Table 1. Soil physical properties used before this experiment

Bulk density (g/cm ³)	Porosity (%)	Soil texture	Three phase(%)		
			Solid	Liquid	Gas
1.33	40.6	SiL	60.0	19.4	20.6

Table 2. Soil chemical properties used before this experiment with soil depth in Sukmoon reclaimed tidal land

Depth(cm)	pH (1.5)	EC (dS/m)	OM (%)	T-N (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg)			
						K	Ca	Mg	Na
0-10	8.7	3.80	5.86	1.01	115	0.69	6.02	2.3	2.1
11-20	8.7	3.35	5.31	1.23	103	0.55	5.11	2.3	2.0
21-30	8.7	2.75	3.88	1.27	89	0.53	5.18	2.2	2.0
31-40	8.7	2.25	3.03	1.35	116	0.43	5.32	2.1	1.8
41-50	8.7	2.40	6.72	1.96	116	0.40	6.30	2.5	2.1
51-60	8.5	2.45	8.97	1.91	130	0.28	6.50	2.5	2.7

Table 3. Chemical properties of swine slurry(SS) and swine slurry composting-biofiltration(SCB) used in the experiment

Compost	Moisture (%)	pH (1:5)	OM (%)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
SS	97.7	7.64	0.49	1.1	27
SCB	99.0	7.55	0.32	0.9	23R

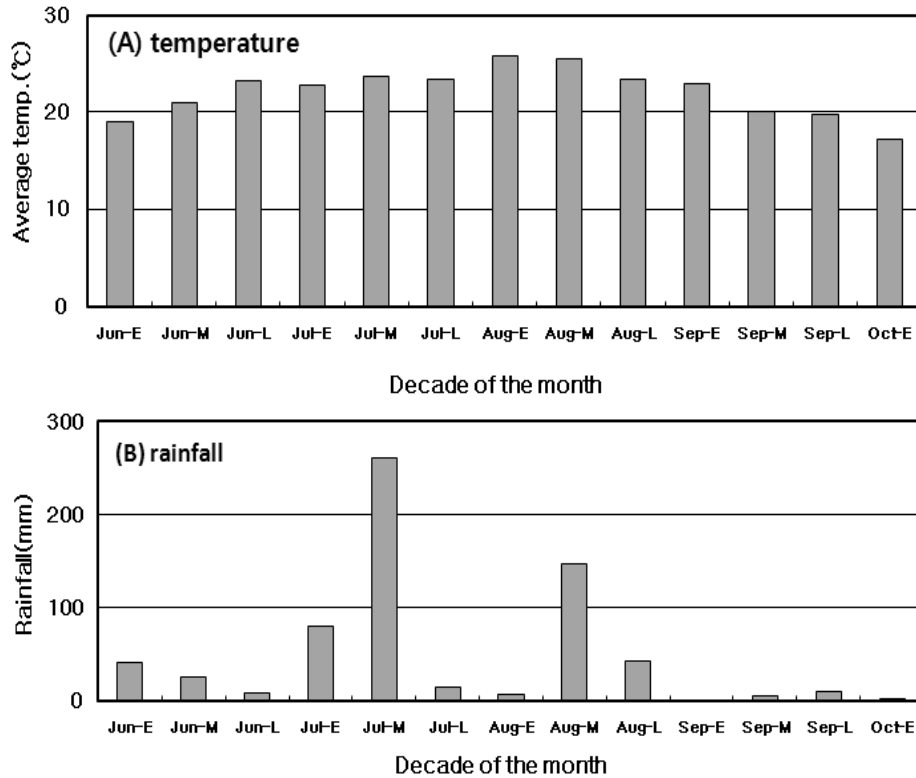


Fig. 1. Temperature(A) and rainfall(B) during the 2009 growing season.

경기도 수원-화성-오산축산농협에서 충분히 부숙된 액상의 퇴비를 공급받았으며, 이들의 화학성분은 Table 3에 나타내었다. 이들 중 질소성분은 관행구인 화학비료처리구(200-150-150 kg ha⁻¹(N-P₂O₅-K₂O))의 질소 100%를 기준으로 하여 사용량을 결정하였다. 석분 간척지에 사용된 돈분액비와 SCB액비의 수분함량은 94.3-99.1%였고, 질소함량은 각 1.01%와 0.13%였다. 그리고, 2009년도 충남 당진군의 월별 평균온도와 강수량은 Fig. 1에 제시하였으며, 7월 중순과 8월 중순에 집중호우가 내렸고, 그 이후는 가뭄이 있었다.

토양미생물 밀도 검정

시험포장내 돈분액비 및 석고 처리구에서 토양미생물의 밀도를 조사하기 위하여 토양을 채취한 다음 바로 멸균용 비닐봉기에 넣어 냉장 보관하에서 실험실로 가져왔으며, 토양중의 생균수를 측정하는데 가장 널리 사용되는 방법인 희석평판법을 사용하여 당일 내로 배지에 도말하였다. 이때 사용된 배지종류로는 호기성 세균의 분리배지인 yeast glucose 한천배지(James, 1958), 방선균은 starch-case 한천배지(Kuster and williams, 1966), 사상균은 streptomycin이 함유된

rose bengal 한천배지(Martin, 1950)에 도말하였고, 배양조건은 세균과 방선균은 28°C, 사상균은 25°C에서 배양 후 계수하였다.

사료작물의 생육 및 수량

공시작물인 사료용 옥수수(Pioneer P3394)는 2009년 5월 3일에 조간 75 cm, 주간 15 cm 간격으로 점파하였고, 사료용 수수 × 수단그라스교잡종(수수, SS405)은 6월 1일에 처리구당 6줄로 줄파하였다. 시험구의 시비량은 화학비료(관행구)처리구의 유안((NH₄)₂SO₄)에 함유된 질소 200 kg/ha를 기준으로 사용하였고, 석고는 4 ton/ha를 처리하였다. 돈분슬러리 및 SCB액비 처리구는 화학비료처리구의 질소 100%를 기준으로 환산하여 사용하였다. 시비방법은 질소질 비료는 기비와 추비 각 50%를 시비하였고, 돈분슬러리와 석고는 전량기비, SCB액비는 기비 40%, 추비 30%씩 2회로 총 3회 나누어 사용하였다. 처리구당 면적은 12 m² (3 × 4 m), 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 처리하였다. 사료용 옥수수와 수수의 수확시기는 동년 8월 20일과 9월 중순에 수확하였고, 엽색, 생육특성 및 수량 등을 조사하였다.

통계처리

모든 데이터는 통계 프로그램인 CoStat software(CoHort Software, Monterey, USA)를 사용하여 변이들을 분석하였으며, 모든 처리는 3반복으로 하였다. 각 처리 및 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 실시한 후 $p < 0.05$ 수준에서 최소유의차 검정(least significant difference (LSD))을 실시하였다.

결과 및 고찰

토양 물리성 및 화학성의 변화

돈분액비 및 유기질퇴비는 유기물 및 다양한 무기물을 포함하고 있어 간척지와 같은 토양환경에 사용될 경우 토양이 화학성 개선뿐만 아니라 화학비료의 사용효과를 부분적으로 대체할 수 있는 유용한 자원으로 인식(Park *et al.*, 2008; Jo *et al.*, 2010)되고 있다. 따라서 본 결과들은 돈분액비(돈분슬러리, SCB액비)와 화학비료(관행)를 기본으로 하고 토양개량제인 석고를 혼용사용함으로써 간척지 토양의 물리 화학적 변화를 유도하고자 하였다. 그 결과, 시험후의 토양물리성의 변화는 Table 4에 나타난 바와 같이 단독처리(화학비료, 돈분슬러리, SCB액비)보다 단독처리구와 석고를 혼합한 혼합처리구는 토양 3상 중 고상이 줄어들고 기상이 증가하는 경향을 보였다. 이는 시험전보다 시험후 사료작물의 뿌리가 물리성이 열악한 토양을 가로질러 가면서 물리적인 변화가 있었고 그로 인해서 상대적으로 기상이 증가한 것으로 판단된다. 석고를 함유된 혼합처리구는 단독처리구와 비교하면, 옥수수 및 수수 경작지 모두에서 토양 공극률 및 기상환경이 증가하는 경향을 보여 혼합처리구가 간척지의 토양의 물리적 환경을 개선하는 것으로 조사되었다. 이와 유사한 결과로는 간척지 토양에 석고와 벧짚을 토양개량제로 사용한

결과 용적밀도와 공극률이 증가하였다는 보고(Yoo *et al.*, 1993)와 유사하였다. 토양의 화학성은 Table 5에 보여 주었다. 옥수수와 수수재배지에서의 pH 변화는 주로 혼합처리구에서는 단독처리구보다 pH가 낮았으며, 유효인산과 유기물 함량은 증가하는 경향이였다. 또한 전체적으로 유기물 함량이 시험전보다 증가하는 것은 사료작물 생육시 뿌리의 일부가 함유되었기 때문인 것으로 판단된다. 이는 산국재배에서 돈분퇴비 및 우분퇴비와 같은 토양개량제의 사용이 유기물의 함량이 증가함을 보고한 것(Lee and Yang, 2006)과 같은 이유로 사료된다. 석고를 함유된 혼합처리구는 단독처리구보다 치환성 양이온의 함량은 Ca^{2+} 의 농도가 증가함에 따라 K^+ 와 Na^+ 의 농도가 상대적으로 낮은 함량을 보여 서로 길항관계임을 알 수 있었다. 석고 중의 Ca^{2+} 나 Na^+ 나 Mg^{2+} 에 대해 선택성을 가진 치환성 복합체인 토양 콜로이드의 전기적 이중층중의 수화 반지름을 감소시켜 입단의 형성 유지 및 파괴를 방지하는데 효과적(Shainberg *et al.*, 1989; Sparks, 1995; Dontsova and Norton, 2002; Lebron *et al.*, 2002)이고, K^+ , Na^+ , Mg^{2+} 의 함량을 현저하게 감소시킨다는 보고(Baek *et al.*, 2009)와 유사하다. 또한 토양염류의 경시적 변화는 역시 단독처리구보다는 혼합처리구에서 두드러지게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2). 모든 처리구가 5-6월에 가뭄이 계속되면서 염류의 농도가 증가, 7월 중순과 8월 중순은 집중호우로 표면에 있는 염류가 지하로 내려가 상대적으로 낮은 염도를 유지, 강우량이 거의 없는 8-9월 달에는 염도가 증가하는 경향을 보였다.

토양미생물상의 변화

단독처리구중 관행구인 화학비료처리구는 초기의 세균 및 방선균의 밀도를 크게 증가시켰으나 생육후기에는 돈분액비 처리구보다 총 밀도가 감소하였다(Fig. 3). 이는 초기 미생물

Table 4. Soil physical properties after treatment with SS, SCB and G

Crops	Treatment	Bulk density (g/cm ³)	Porosity (%)	Three phase(%)		
				Solid	Liquid	Gas
Corn	F	1.32	40.3	58.9	19.0	22.1
	F+G	1.27	43.6	57.7	18.5	23.8
	SS	1.32	41.2	58.3	19.8	21.9
	SS+G	1.30	42.5	57.3	19.3	23.4
	SCB	1.30	40.9	59.2	19.3	21.5
	SCB+G	1.26	44.3	55.3	20.1	24.6
Sorghum	F	1.34	41.7	64.5	17.3	21.2
	F+G	1.29	45.6	57.3	18.0	24.7
	SS	1.30	43.3	59.8	17.4	22.8
	SS+G	1.28	45.2	57.1	18.1	24.8
	SCB	1.29	43.0	58.8	17.6	23.6
	SCB+G	1.24	46.1	54.9	19.2	25.9

F, fertilizer; F+G, fertilizer+gypsum; SS, swine slurry; SS+G, swine slurry+gypsum; SCB, swine slurry composting-biofiltration; SCB+G, swine slurry composting-biofiltration+gypsum

Table 5. Soil chemical properties after treatment with SS, SCB and G

Crops	Treatment	pH (1:5)	OM (%)	T-N (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg)			
						K	Ca	Mg	Na
Corn	F	8.32	7.38	1.40	113	0.54	8.6	2.8	2.10
	F+G	7.98	8.54	1.38	117	0.46	9.7	2.2	1.29
	SS	8.50	7.55	1.48	122	0.54	8.5	2.7	1.81
	SS+G	8.01	8.32	1.57	136	0.44	10.4	2.1	1.33
	SCB	8.53	7.07	1.46	120	0.60	8.2	2.4	1.79
	SCB+G	7.95	8.16	1.40	131	0.52	10.2	2.3	1.28
Sorghum	F	8.40	8.94	1.22	109	0.58	9.1	3.0	1.91
	F+G	8.02	9.83	1.31	133	0.42	10.0	2.7	1.50
	SS	8.43	9.03	1.22	116	0.63	9.7	2.7	1.75
	SS+G	7.87	10.15	1.35	100	0.42	10.3	2.5	1.46
	SCB	8.30	9.17	1.27	99	0.64	8.3	2.7	1.54
	SCB+G	7.91	10.34	1.31	105	0.38	10.5	2.0	1.24

F, fertilizer; F+G, fertilizer+gypsum; SS, swine slurry; SS+G, swine slurry+gypsum; SCB, swine slurry composting-biofiltration; SCB+G, swine slurry composting-biofiltration+gypsum

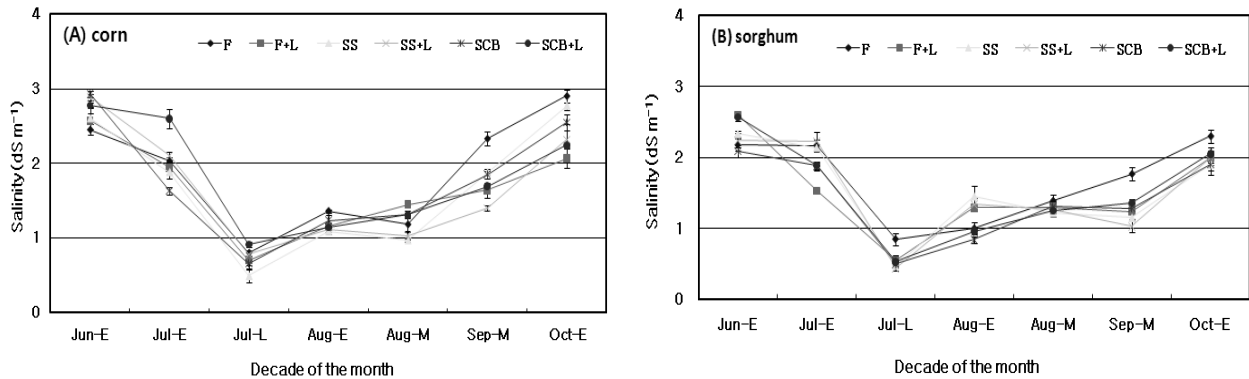


Fig. 2. Change in soil salinity((A) corn, (B) sorghum) during growing season of forage crops. Treatment means are with ±S.E. of three replications (n=3). F, fertilizer; F+G, fertilizer+gypsum; SS, swine slurry; SS+G, swine slurry+gypsum; SCB, swine slurry composting-biofiltration; SCB+G, swine slurry composting-biofiltration+gypsum.

을 증식할 수 있는 다량원소가 직접적으로 미생물 증식에 영향을 주었고 후반 들어 토양내 영양소가 감소하는 폭이 돈분액비처리구보다 큰 것으로 사료된다. 돈분슬러리처리구의 세균과 방선균 밀도는 6월부터 서서히 증가하여 8월 이후 다른 단독처리구들보다 상대적으로 증가하는 것으로 조사되었다. 또한 화학비료, 돈분액비에 석고가 함유되어 있지 않는 단독처리구보다는 부산석고를 함께 있는 혼합처리구가 세균 및 방선균의 수가 증가하는 경향이었는데 이는 석고비료가 토양내 염류수준을 낮추었고, 어느 정도 토양물리화학성이 개선 효과가 있었기 때문에 미생물의 생육환경이 좋아진 것으로 사료된다. 7월 중순경에 장마로 인해 염류가 감소하였는데도 불구하고 전체적으로 세균의 밀도가 감소한 것은 포장에 부분적으로 물이 고여 토양미생물상에 영향을 준 것으로 판단되었다. 처리별 사상균 밀도 역시 방선균과 세균 밀도와 비슷한 경향이었고, 혼합처리구에서 대체로 미생물 밀도가 단독

처리구보다 증가하는 것으로 조사되었다. 이는 사료작물이 생육하기에 좋은 여건을 가졌다는 것을 의미하며, 앞으로 이에 관한 체계적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

사료작물 생육 및 수량

간척지에서 사료작물의 수량을 증대하기 위해서 돈분액비(돈분슬러리, SCB액비) 및 화학비료의 단독처리와 이들과 석고를 함께 혼합처리한 결과, 사료작물의 건물수량은 Table 6에 나타내었다. 옥수수과 수수의 엽색은 처리별로 유의성(p<0.05)이 없었다. 전체 건물수량은 처리간 고도로 유의성(p<0.05)이 있었으며, 최고의 수량은 옥수수와 수수 모두 SCB+석고시용구에서 8,368-10,231 kg/ha의 수량을 보였다. 이는 다른 처리구들보다 SCB액비처리구가 효과적인 것은 시비방법을 포함한 토양환경상의 변화 등으로 인해 수량이 증수된 것으로 판단해 볼 수 있다. 구체적으로 화학비료,

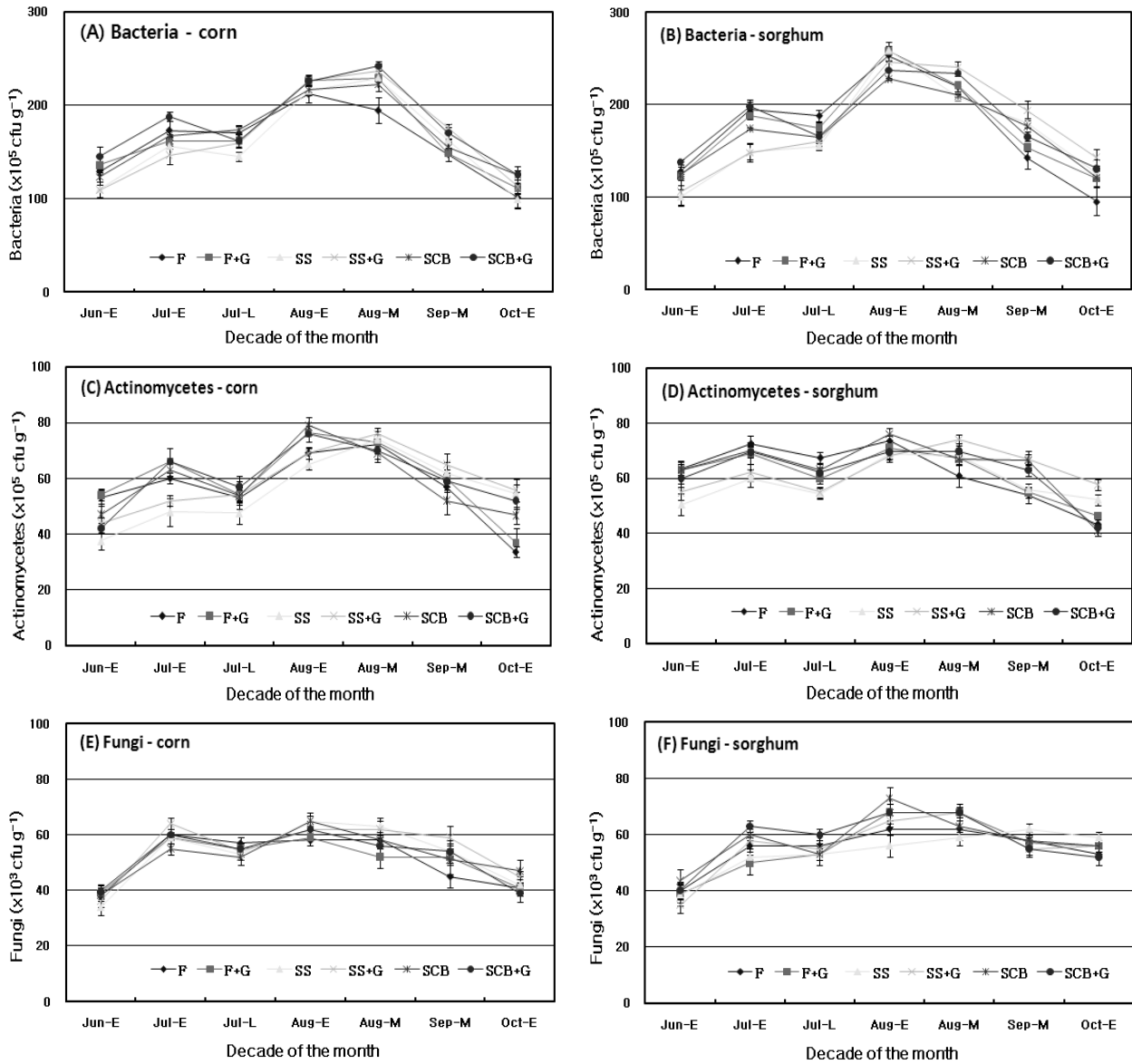


Fig. 3. Change in soil microbial population ((A) Bacteria - corn, (B) Bacteria - sorghum, (C) Actinomycetes - corn, (D) Actinomycetes - sorghum, (E) Fungi - corn, (F) Fungi - sorghum,) during growing season of forage crops. Treatment means are with \pm S.E. of three replications ($n=3$). F, fertilizer; F+G, fertilizer+gypsum; SS, swine slurry; SS+G, swine slurry+gypsum; SCB, swine slurry composting-biofiltration; SCB+G, swine slurry composting-biofiltration+gypsum

돈분슬러리, SCB액비 단독처리보다는 석고가 함유된 혼합처리구에서 효과가 각각 옥수수 4.8, 6.2, 2.3%, 수수 8.7, 2.0, 7.5%가 증가하였다. 이는 돈분슬러리와 SCB액비+석고의 혼합처리가 효과가 있었으며, 대체로 옥수수보다 수수가 석고에 대한 효과가 뛰어난 것으로 판단된다. 간척지에서 벼를 재배할 경우, 석고비료와 볏짚의 혼용사용은 직파벼의 초기생육을 높일 수 있다고 하였으며(Hwang *et al.*, 1990), 고흥지역은 5%, 영암지역 간척지에서는 13%가 증수되었다고 하였다(Sohn *et al.*, 2007). 수수의 경우도 석고처리구의 수량이 증가하며, 벼의 미질도 증가하는 것으로 보고되고 있어(Sohn *et al.*, 2007) 본 연구와 비슷한 연구결과로 판단된다. 처리구별로 수량을 나열하면, 관행구인 화학비료처리구를

기준으로 석고가 함유되지 않는 단독처리구에서 돈분슬러리 처리구와 SCB액비간의 수량 차이는 옥수수에서 각 -7.0, 2.3% 수수에서 각 2.7, 1.1% 차이가 있었고, 혼합처리구에서는 옥수수 -5.7, -0.1% 수수 5.5, 0.0%로 대등한 결과를 얻었다. 이로서 간척지에서 화학비료 대신 사료작물 생산시 돈분슬러리 및 SCB액비와 석고를 이용하여 재배하는 것도 생산비 절감, 환경보존 등 긍정적인 결과가 기대되었다. 특히 SCB액비는 간척지가 건조할 때나 강우량이 적게 되면 염도가 올라오는데 이때 시용함으로써 염분을 아래로 내려 보내 작물뿌리의 스트레스를 경감시킬 수 있는 가능성도 있는 것으로 판단되어 앞으로 많은 연구가 필요하다.

Table 6. Dry matter production of forage crops cultivated at the Sukmoon reclaimed tidal land

Crops		Corn			Sorghum	
Treatment	SPAD reading	Leaf & stem yield (kg/ha)	Grain yield (kg/ha)	Total yield (kg/ha)	SPAD reading	Total yield (kg/ha)
F	26.6	5,558b	2,435	7,994b	33.7	9,403c
F+L	27.4	5,866a	2,511	8,378a	35.1	10,229a
SS	24.0	5,091c	2,347	7,438c	32.2	9,472b
SS+L	26.2	5,430b	2,469	7,899b	35.1	9,659ab
SCB	26.3	5,800a	2,379	8,179ab	33.1	9,511b
SCB+L	29.3	5,954a	2,414	8,368a	34.7	10,231a
LSD _{0.05}	ns	235 **	ns	297 **	ns	642 *

Means separation within columns by LSD at 5% level ($p < 0.05$, $n=3$). ns, * and ** or the overall model, no significant difference of different at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively. F, fertilizer; F+G, fertilizer+gypsum; SS, swine slurry; SS+G, swine slurry+gypsum; SCB, swine slurry composting-biofiltration; SCB+G, swine slurry composting-biofiltration+gypsum

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 축산과학원 자연순환농업연구사업 단과 중소기업청(산학 선도, SMBA)의 지원하에 수행되었음.

참고문헌

- Baek, S.H., Lee, S.U., Lim, H.B., Kim, D.G., Kim, S.J., 2009. Influence of gypsum, popped rice hulls and zeolite on contents of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ in reclaimed tideland soils in Kyehwado, *Korean J. Environ. Agri.* 28(1), 25-31.
- Dontsova, K.M., Norton, L.D., 2002. Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable Ca, and Mg, *Soil Sci.* 163, 184-193.
- Ham, S.K., Kim, Y.S., Park, C.H., 2010. The growth effects of creeping bentgrass by SCB(Slurry composting and biofiltration) liquid fertilizer application, *Korean J. Turf. Sci.* 24, 56-61.
- Hwang, S.W., Lee, C.S., Lee, Y.J., Kwak, H.K., Park, N.J., 1990. The influences of rice straw and gypsum applied to a saline soil on the growth status of rice seedlings when flooded direct sowing, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 23, 34-39.
- James, N., 1958. Soil extraction in soil microbiology, *Canadian J. Microbiol.* 4, 363-370.
- Jo, N.C., Shin, J.S., Kim, S.H., Yoon, S.H., Hwang, B.S., Jung, M.W., Lee, K.D., Kim, W.H., Seo, Sung., Kim, J.G., Song, C.E., Choi, K.C., 2010. Study on summer forage crop cultivation using SCB(Slurry composting-biofiltration) liquid fertilizer on reclaimed land, *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 30(2), 121-126.
- KRC., 2007. Agricultural infrastructure development and improvement project, Korea Rural Community and Agricultural Corporation, Uiwang, Korea.
- Kuster, E., Williams, S.T., 1964. Selection of media for isolation of Streptomycetes, *Nature* 202, 928-929.
- Lebron, I., Suarez, D.L., Yoshida, T., 2002. Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soils under reclamation, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 92-98.
- Lee, K.D., Yang, M.S., 2006. Soil amendment effects on the yield and terpene contents of the flower-head of *Chrysanthemum boreale* M., *Agrochimica* 50(1-2), 62-71.
- Lim, W.J., Sonn, Y.K., Yoon, Y.M., 2010. The selection of yield response model of sugar beet (*Beta vulgaris* var. Aaron) to nitrogen fertilizer and pig manure compost in reclaimed tidal land soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43, 174-179.
- Martin, J.P., 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi, *Soil Sci.* 69, 215-233.
- Park, J.H., Yeo, J.K., Koo, Y.B., Lee, W.W., Kim, H.C., Park, C.H., 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, 318-323.
- Shainberg, I., Sumnur, M.E., Miller, W.P., Farina, M.P.W., Pavon, M.A., Fey, M.V., 1989. Use of gypsum on soils: A review pp. 2-111. In Stewart, B. A.(ed.), *Advances in soil science*. Springer-Verlag, New York.

- Sheldrick, B.H., Wang, C., 1993. Particle size distribution. pp. 499-511. In Carter, M.R.(ed.), Soil sampling and methods of analysis. Lewis publishers, London, UK.
- Shin, J.S., Kim, W.H., Yoon, S.H., Chung, E.S., Lim, Y.C., 2004. Comparison of dry matter and feed value of major summer forage crops in the reclaimed tidal land, *J. Korean Soc. Grass. Sci.* 24(4), 335-340.
- Shin, J.S., Lee, S.H., Kim, W.H., Kim, J.G., Yoon, S.H., Lim, K.B., 2005. Effects of ammonium sulfate and potassium sulfate fertilizer on dry matter yield and forage quality of sorghum x sudangrass hybrid in reclaimed tidal land, *J. Korean Soc. Grass. Sci.* 25(4), 245-250.
- Sohn, B.K., Lee, D.J., Park, B.K., Chae, K.S., 2007. Effects of phospho-gypsum fertilizer as reclamation material in the newly reclaimed paddy fields, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40(2), 145-150.
- Sohn, Y.M., Jeon, G.Y., Song, J.D., Lee, J.H., Park, M.E., 2009. Effect of soil salinity variation on the growth of barley, rye and oat seeded at the newly reclaimed tidal lands in Korea, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42, 415-422.
- Sparks, D.L., 1995. Environmental soil chemistry. Academic Press, San Diego.
- Wang, L., Showalter, A.M., Ungar, I.A., 1997. Effect of salinity on growth, ion content, and cell wall chemistry in *Atriplex prostrata* (Chenopodiaceae), *American J. Botany* 84, 1247-1255.
- Yoo, C.H., Cho, G.H., Choi, J.W., Park, K.H., Kim, Y.H., 1989. Studies on change of physico-chemical properties due to ripening degrees in the reclaimed tidal deposits I. With reference to Munpo and Pori series *Korean J. Soil Sci. Fert.* 22, 180-190.
- Yoo, C.H., Kim, J.G., Choi, S.Y., Cho, G.H., Yoo, S.J., So, J.D., Rhee, G.S., 1993. Studies on Amelioration of soil physico-chemical properties and rice yield in sandy tidal saline paddy soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 26(4), 241-248.
- Yoo, S.H., Park, M.E., 2004. Proposal of land-use planting for agricultural use of the Saemangeum Reclaimed Lands, *J. Soc. Agr. Res. on Reclaimed Lands* 2, 68-91.