

간척지에서 돈분액비 시용이 수수 × 수수 교잡종의 생산성 및 토양환경에 미치는 영향

최기춘 · 정민웅 · 조남철 · 박형수 · 윤세형 · 김종근 · 송채은¹ · 최은민 · 김천만 · 임영철

Effect of Application of Swine Slurry on Productivity of Sorghum × Sorghum Hybrid and Soil Environment in Reclaimed Land

Ki Choon Choi, Min-Woong Jung, Nam Chul Cho, Hyung Soo Park, Sei Hyung Yoon, Jong Geun Kim, Chae Eun Song¹, Eun-Min Choi, Cheon Man Kim and Young Chul Lim

ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the effect of application of swine slurry (SS) and slurry composting-biofiltration liquid fertilizer (SCB) on productivity of sorghum×sorghum hybrid (SSH) and soil environment in reclaimed land of Sukmoon in Korea. Dry matter (DM) yields of SSH in the treatments of SS and chemical fertilizer (CF) were higher than those of in SCB treatment in reclaimed land, but DM yields in SS and CF did not show a significant difference as compared to SCB. Nutritive values of SSH were not different among CF, SS and SCB. In soil samples collected at the end of the experiment, the concentration of organic matter was significantly increased by SS and SCB as compare to that at the beginning of the experiment (P<0.05), whereas the concentration of total nitrogen was not affected by SS and SCB. To investigate the moisture content of soil, the soils were collected from three layers; surface (0~5 cm), intermediate (10~15 cm), and deep (20~25 cm) layer. The moisture contents of soils increased according to the soil depth and the soil moisture was immediately affected by the amount of rainfall. Therefore, we suggest that the cultivation of SSH using SS in reclaimed land is possible and that additional nitrogen fertilizer was surely applied in case of application of SCB to cultivate SSH.

(Key words : Reclaimed land, Swine slurry, Sorghum × Sorghum hybrid, Nutritive value)

I 서 론

최근 세계 주요 곡물공급지의 기상이변과 국제유가 인상 등으로 인한 바이오연료 수요 증가는 곡물시장의 불안을 가중시키고 있다. 특히 신흥국에서 식량 소비가 확대되고 바이오연료의 원료인 옥수수, 대두 등 곡물 값이 급격

히 상승함에 따라 우리나라의 축산업자는 많은 우려를 하고 있으며, 또한 설상가상으로 연간 4천만 톤 이상이 되는 가축분뇨를 해결해야 하는 난제에 처해 있다. 가축분뇨는 2012년 부터 해양투기 금지가 시작되기 때문에 가축분뇨의 환원지를 찾는 것 또한 가축분뇨를 처리하기 위한 중요한 과제 중의 하나이다.

농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea)

¹ 전남대학교 (Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea)

Corresponding author : Ki Choon Choi, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea.

Tel: +82-41-580-6755, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: choiwh@korea.kr

지금까지 우리나라에서는 식량의 자급율을 향상시키기 위한 농경지 확보 대책으로 많은 간척사업이 진행되어 왔다(KRC, 2007). 이들 간척지의 대부분은 벼를 중심으로 한 주곡생산지로 활용되어져 왔는데(정 등, 2002; 이, 1995; 채 등, 1990), 근래 쌀소비 감소와 쌀 수입으로 인한 재고량 증가 등 농업여건 변화에 따라 상대적으로 한계 생산지역인 간척지를 쌀 재배 이외의 목적으로 활용코자 하는 방안들이 논의되고 있다. 축산관련 산· . . } 등은 간척지 휴경 논에 이탈리아인 라이그라스, 청보리 등 동계사료작물과 옥수수, 수수류 등 하계 사료작물을 재배하여 양질 조사료를 생산하면 다량의 수입조사료(2010, 906천 톤)를 대체하는 효과와 조사료 자급률을 향상시킬 수 있는 기회로 인식하여 사료작물 재배 및 이용을 위한 노력을 진행하고 있는 실정이다(Lim 등, 2010; Sohn 등, 2009; 신 등, 2007; 신 등, 2006a; 신 등, 2006b; 신 등, 2005; Yoo 와 Park, 2004; 신 등, 2004).

간척지 토양은 염 농도가 높고, 배수가 좋지 않을 뿐만 아니라 pH가 높고 유기물 함량이 적어 작물을 재배하기 위해서 토양의 물리화학적 성질에 대한 개선이 필요하다(유 등, 1989; 유 등, 1993; 정, 1984). 이(2006)는 간척지에 밭작물을 도입할 경우, 토성, 토양 염류도, 토양의 투수력과 배수력, 관개수 확보 및 용수공급 등 5가지 요인을 고려해야 한다고 하였는데, 사료작물은 3가지 조건(토성, 토양 염류도, 토양의 투수력과 배수력)만 갖추면 간척지에서 재배가 타작물에 비해 유리하다고 보고하였다. 많은 연구자들은 가축분뇨를 사용하면 토양유기물 증대는 물론 토양의 지력 증진(Freeze와

Sommerfeldt, 1985; Campbell 등, 1986 ; Sommerfeldt 등, 1988; 신, 1999; 조 등 2005)과 토양의 물리화학적 및 미생물상을 개선하여 친환경농업을 유도(Sommerfeldt와 Chang, 1985; Sommerfeldt와 Chang, 1987; Seo 등 1998)할 수 있기 때문에 화학비료 대신 가축분뇨는 저렴한 비료원으로써 간척지에 사료작물의 생산성을 향상시킬 수 있다. 특히, 박(2007)은 여과상으로 된 퇴비단에 돈분슬러리를 살포하여 만든 SCB(slurry composting-biofiltration) 액비를 만들었는데 이 SCB는 저농도 액비의 일종으로 저농도의 무취와 균질특성을 가지고 있어 양질의 액비로 이용이 가능하다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 간척지에서 돈분액비 시용에 따른 수수×수수 교잡종의 생산성 및 토양 환경 변화를 조사하여 간척지에서 수수류의 재배를 위한 기초자료를 제공하기 위해서 수행하였다.

II 재료 및 방법

본 시험은 2009~2010년도에는 충남 당진군에 위치한 석문간척지에서 수행하였다. 시험 전 간척지 포장의 대표적 토양특성은 미사질양토로서 배수가 불량한 편이며 토양성분은 Table 1과 같다. 공시초종으로 수수×수수 교잡종 SS405를 이용하여 5월 중순에 파종하였으며 파종방법은 구당 6줄을 조파하였으며 수확은 출수기(9월 초순)에 하였다.

시험구 처리는 화학비료구, 돈분액비구, SCB 액비구로 나누었으며 화학비료구는 유안비료로 표준시용량으로 200-150-150 kg/ha (N-P₂O₅-K₂O)를 시비하였다. 돈분액비구 및 SCB 액비구는

Table 1. Characteristics of soil collected at beginning of experiment

TN ¹⁾ (%)	OM ²⁾ (%)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cations (cmol ⁺ /kg)			
			K	Ca	Mg	Na
0.08	0.52	213.37	1.24	5.07	3.19	2.54

¹⁾ TN: total nitrogen, ²⁾ OM: organic matter.

화학비료구의 질소를 기준으로 100%로 사용하였다. 처리구당 면적은 12 m² (3 × 4 m)로 난괴법 3반복으로 하였다. 돈분액비와 SCB 액비는 간척지 인근의 양돈분뇨 처리시설을 갖춘 축산농가에서 충분히 부숙된 것으로 시용 1일전에 질소성분을 분석(AOAC법, 1990) 한 후 권장 시비량에 맞추어서 사용하였다. 돈분액비는 전량기비로 사용하였으나 SCB 액비는 질소성분이 낮기 때문에 일시에 전량시비 할 수 없어 분시하였으며, 사용된 돈분액비와 SCB 액비의 성분은 Table 2와 같다. 본 연구에 사용된 돈분액비와 SCB 액비는 수분이 95~99%이고 질소 성분은 1.16%, 0.44%으로써 일반적으로 국내 유통되고 있는 돈분의 특성을 보여 주었다.

수수×수수 교잡종의 재배는 관행방법에 의해 재배로 관리하였으며(임 등, 2011) 시험구당 파종된 6줄의 수수×수수 교잡종중 중앙 2줄을 수확하여 생초수량을 측정하였고 각 구당 모집단을 대표할 수 있는 2주의 시료를 채취하여 평량하고 80℃ | 순환식 송풍건조기에서 72 시간 이상 건조 후 건물수량 계산에 이용하였다. 초장과 경직경 등의 생육 특성은 수확당일 각 시험구당 10주의 시료를 채취하여 조사하였다. 본 조사에서 얻어진 시료는 Wiely Mill로 분쇄한 후 화학성분, 즉 Crude protein (CP)은 AOAC법(1990)에 의해 분석하였다. Neutral detergent fiber (NDF) 및 Acid detergent fiber (ADF) 함량은 Goering 및 Van soest법(1970)으

로 분석하였으며 가수화영양소 총량(total digestible nutrients, TDN)은 $TDN = 4.898 + (89.796 \times \{0.7936 - (0.00344 \times ADF\%)\})$ 에 의하여 산출하였다(김 등, 2009). *In vitro* 건물소화율은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 이용하였다. 간척지 토양의 물리화학적 특성 변화는 농촌진흥청 표준분석법에 준하여 분석하였다(농촌진흥청, 2000).

본 시험에서 얻은 모든 결과는 Windows 용 SPSS/PC (Statistical Package for the Science, ver 12.0. USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였 최소유의성을 검정은 P-value가 0.05로 평가하였다.

III 결과 및 고찰

1. 수수×수수 교잡종의 생육 및 건물수량

간척지에서 돈분액비 사용에 따른 수수×수수 교잡종의 초장, 경직경 및 건물수량은 Table 3과 같다. 2년 평균 수수×수수 교잡종의 초장은 화학비료구 317 cm, 돈분액비구 295 cm, SCB 액비구 286 cm였고, 경직경은 화학비료구 14.48 mm, 돈분액비구 13.66 mm, SCB 액비구 13.51 mm였으나 처리구간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. 그리고 수수×수수 교잡종의 건물수량은 돈분액비구에서 11,789 kg/ha, 화학비료구에서 11,742 kg이 생산되어 SCB 액비구

Table 2. Major properties of swine slurry used in this experiment

Treat- mrnt	Year	Moisture (%)	OM ¹⁾ (%)	pH (1:5H ₂ O)	TN ²⁾ (%)	Av.P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	Mg (%)
SS ³⁾	2009	94.3	0.43	7.84	1.01	0.33	0.75	0.20	0.13
	2010	95.7	0.52	7.50	1.30	0.31	-	-	-
	Mean	95.0	0.48	7.67	1.16	0.32	0.75	0.20	0.13
SCB ⁴⁾	2009	99.1	0.28	7.55	0.13	0.02	0.33	0.01	-
	2010	99.1	0.21	7.41	0.75	0.19	-	-	-
	Mean	99.1	0.25	7.48	0.44	0.11	0.33	0.01	-

¹⁾ OM: organic matter, ²⁾ TN: total nitrogen, ³⁾ SS: swine slurry, ⁴⁾ SCB: slurry composting biofiltration.

Table 3. Effect of application of swine slurry on plant height, stem diameter and dry matter (DM) yield of sorghum×sorghum hybrid

Treatment	Year	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	DM yield (kg/ha)
SS ¹⁾	2009	307	13.62	13,155
	2010	284	13.70	10,441
	Mean	295a	13.66a	11,798a
SCB ²⁾	2009	302	13.37	9,672
	2010	270	13.65	7,338
	Mean	286a	13.51a	8,505a
CF ³⁾	2009	305	13.79	11,817
	2010	329	15.18	11,668
	Mean	317a	14.48a	11,743a

¹⁾ SS: swine slurry, ²⁾ SCB: slurry composting-biofiltration, ³⁾ CF: chemical fertilizer.

Means with same letters within a column are not significantly different at the 5% level.

8,505 kg/ha에 비해 25~15% 높았으나 유의적인 차이는 보이지 않았다.

초장과 경직경은 수량 구성요소 인자 (Aldrich 등, 1986; 김 등, 1997)이기 때문에 지 등 (2009)은 사료작물의 수량을 증가시키기 위한 가장 이상적인 방법은 배수가 잘되게 유지하는 것이 안정적인 수량을 확보하는 차원에서 중요하다고 보고하였다. 일반적으로 간척지에서 작물을 재배하는 경우 일반 경지와는 달리 토양 중 높은 염 문제로 일반적인 농법으로 정상적인 수확을 기대하기 힘들고 (신 등, 2005), 또한 간척지에서 사료작물의 수량이 보통 밭 조건에 비해 20% 정도에 불과 하다고 알려져 있다 (호남 농업시험장, 2002). 그리고 간척지 토양의 작물 재배상 문제점은 간척초기에 염농도가 높고 토양물리화학적 특성이 불량하고, 특히 배수가 불량하여 작물생육에 좋지 않은 영향을 초래한다고 하였는데 (유 등, 1989; 유 등, 1993), 본 연구가 진행된 간척지 포장은 미사질 양토로서 배수가 불량한 편이었기 때문에 간척지에서 수수류의 수량을 높이기 위해서는 배수가 양호하게 유지하도록 하는 것이 중요하다고 생각한다. 그리고 간척지에서 사료작물을 재배 할 경우 내염성이 강한 작물을 선정하여야 하며 또한 간척

지 토양이 가지고 있는 토양물리화학적 특성을 고려하여 사료작물의 이용체계를 마련해야 할 것으로 보여진다.

이상의 수수류의 생산성 결과를 종합해 보면 화학비료와 돈분 액비 사용은 돈분 SCB 액비보다 좋은 생산성을 보였는데 이는 돈분 SCB 액비내의 무기물 함량이 돈분액비에 비해서 상대적으로 적은 함량을 보이는 것도 원인으로 생각되나 근본적으로 토양성분, 염류, 기상, 배수 등 환경적인 조건의 차이에 따라 하계사료작물의 생육이 다양한 차이를 보이기 때문에 여러 지역의 간척지에서 하계사료작물의 생육 특성을 비교한 연구가 더 많이 이루어져야 한다고 생각한다.

2. 사료가치

간척지에서 화학비료와 돈분액비 사용에 따른 수수×수수 교잡종의 사료가치 및 *in vitro* 소화율 (IVDMD)은 Table 4와 같다. 간척지에서 수수×수수 교잡종의 조단백질 함량은 돈분액비구 5.61%, 돈분 SCB 액비구 5.44%, 화학비료구 5.43% 순이었다. 수수×수수 교잡종의 ADF 함량은 모든 처리구에서 39.49~39.88%로

Table 4. Effect of application of swine slurry on feed values of sorghum × sorghum hybrid

Treatment	Year	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	TDN (%)	IVDMD ⁴⁾ (%)
SS ¹⁾	2009	5.64	38.15	65.50	63.30	58.65
	2010	5.59	41.61	64.55	64.37	57.77
	Mean	5.61a	39.88a	65.03a	63.84a	58.21a
SCB ²⁾	2009	5.30	39.97	65.61	64.00	60.92
	2010	5.57	39.35	63.37	63.81	59.67
	Mean	5.44a	39.66a	64.49a	63.91a	60.32a
CF ³⁾	2009	5.24	39.78	66.18	63.82	58.31
	2010	5.63	39.21	64.18	63.97	56.12
	Mean	5.43a	39.49a	65.18a	63.85a	57.22a

¹⁾ SS: swine slurry ²⁾ SCB: slurry composting-biofiltration, ³⁾ CF: chemical fertilizer,

⁴⁾ IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility.

Means with same letters within a column are not significantly different at the 5% level.

비슷하였으며, NDF 함량도 64.49~65.18%로 큰 차이를 보이지 않았다. 수수×수수 교잡종의 *in vitro* 소화율은 SCB 액비구 60.32% 돈분액비구 58.21%, 화학비료구 57.22% 였으나 통계적인 차이는 보이지 않았다.

이상의 결과에서 보는바와 같이 간척지에서 돈분액비와 SCB 액비 시용구 시용에 따른 수수×수수 교잡종의 사료가치는 큰 차이를 보이지 않았으나, 신 등 (2005) 및 신 등 (2004)은 간

척지에 따라 수수×수단그라스 교잡종의 사료가치는 다양한 결과를 보인다고 보고하고 있기 때문에 추후 지속적인 검토가 필요하다고 생각된다.

3. 토양성분 변화

간척지에서 수수×수수 교잡종 재배시 돈분액비 시용에 따른 시험 후의 토양성분은 Table 5에 나타낸 바와 같다.

Table 5. Characteristics of soil collected at the end of experiment

Treatment	Year	pH (1:5H ₂ O)	T-N ¹⁾ (%)	OM ²⁾ (%)	Exchangeable cations (cmol ⁺ /kg)			
					K	Ca	Mg	Na
Before*	2009	7.60	0.08	0.52b	1.24a	5.07ab	3.19a	2.54
	2009	7.35	0.09	0.98	0.47	6.52	2.61	3.39
	2010	7.92	0.10	1.19	0.97	4.77	2.07	1.00
	Mean	7.64	0.10	1.09a	0.72b	5.65a	2.34b	2.20
SCB ⁴⁾	2009	7.72	0.06	0.76	1.66	6.76	1.91	3.38
	2010	7.67	0.09	1.19	1.02	4.81	2.10	0.98
	Mean	7.70	0.08	0.98a	1.34a	5.79a	2.01b	2.18
CF ⁵⁾	2009	7.33	0.08	0.76	0.41	4.75	1.91	2.78
	2010	7.99	0.14	1.18	0.91	4.58	2.50	0.87
	Mean	7.66	0.11	0.97a	0.66b	4.67b	2.21b	1.83

* Characteristics of soil collected at beginning of experiment.

¹⁾ T-N: total nitrogen, ²⁾ OM: organic matter, ³⁾ SS: swine slurry, ⁴⁾ SCB: slurry composting-biofiltration,

⁵⁾ CF: chemical fertilizer.

a and b; Means with different letters within a column are significantly different at the 5% level.

수수×수수 교잡종 재배지의 시험전 토양중 전질소 (Total-nitrogen, T-N) 함량은 0.08%였으나 돈분액비를 사용했음에도 불구하고 시험종료 후의 전질소 함량이 0.09~0.10%로 변화가 관찰되지 않았다. 그러나 수수×수수 교잡종재배지의 시험전 토양유기물 (Organic matter, OM)은 0.52%였으나 돈분액비 사용에 따라 0.98~1.09%로 현저하게 증가하는 경향을 보였다 ($P<0.05$). 그러나 양이온치환용량 (Cation Exchange Capacity, CEC)은 돈분액비 사용에 관계없이 큰 변화는 관찰 되지 않았다. 육 등 (2003), 임 등 (2007) 및 임 (2008)은 가축분뇨사용에 따라 토양 내 유기물, 전질소, 무기물 등이 큰 변화를 보인다고 하였으나 본 연구에 이용된 간척지에서는 유기물 함량이 현저하게 증가하는 경향을 보였을 뿐 전질소와 무기물 함량에서는 큰 변화를 보이지 않았다. 이는 기후, 토양특성, 강우, 배수 등에 따른 다양한 차이에서 오는 것으로 생각되며 간척년도 및 토양종류에 따른 다양한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

4. 토양수분 변화

간척지에서 수수×수수 교잡종 재배시 토양수분 변화는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 여름 고온기인 6월 중순부터 8월 중순까지 시험지역 인 당진의 강수량은 평균 6.58 mm 이었으며 강

우 회수도 5 mm 이하가 5회, 5~10 mm가 1회, 20~50 mm가 3회 그리고 60 mm 이상이 2회 정도였다.

토양깊이에 따른 토양수분 변화는 강우가 없는 시기에 토양깊이 5 cm (표토층) 부위의 토양수분 함량은 8~12%, 15 cm 부위의 토양수분 함량은 10~16% 그리고 25 cm 부위의 토양수분 함량은 14~17%로 토양 깊이가 깊어짐에 따라 수분함량이 증가하는 경향을 보였다. 그러나 강우량이 5 mm 이하로 내린 후의 2~4일간의 수분함량이 12~14%을 유지하였고 강우량이 100 mm 이상 내린 후의 5~8일간의 18~25% 정도의 높은 수분함량을 유지하는 것을 알 수 있었다.

간척지의 경우 일반적으로 가뭄이 지속되면 염이 표층까지 올라와 염 농도가 증가하여 작물생육에 저해를 일으키기 때문에 강우는 사료작물의 생육과 밀접한 관련성이 있으므로 토양 깊이에 따른 수분함량의 파악은 매우 중요하다. 특히, 염 농도에 약한 사료작물을 재배하기 위해서는 토성, 토양 염류도, 토양의 투수력과 배수력, 관개수 확보, 용수공급 등을 고려해야 하기 때문에 간척지에 사료작물의 도입을 위해서는 다양한 간척지에서의 연구가 선행됨으로써 사료작물의 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 수수×수수 교잡종의 생산성과 사료가치 그리고 토양성분의 결과를 요약해 보면

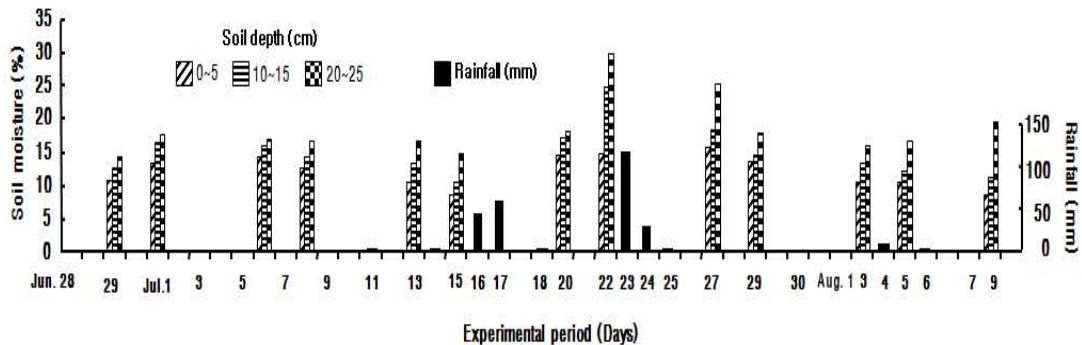


Fig. 1. Changes of moisture content in soil of reclaimed land during the experimental period (June to August).

간척지에 돈분 SCB 액비의 시용은 화학비료 시용구보다 약간 수량감소를 보였으나 돈분 SCB 액비에 첨가적인 화학비료를 시용하면 대조구(화학비료)에 준하는 수준의 생산력을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구의 결과에서 보는 바와 같이 간척지에서 화학비료를 사용하지 않고 돈분액비를 시용하여 자원순환 시스템하에서 하계사료작물의 재배 또는 안전생산이 가능함을 보여주었다.

IV 요약

본 연구는 간척지에서 여름철 대표 사료작물인 수수×수수 교잡종의 생산성 및 토양의 물리화학적 성질의 변화를 조사하기 위해서 석문 간척지에서 2년 동안 수행하였다. 간척지에서 수수×수수 교잡종의 생산성은 돈분액비구와 화학비료구가 돈분 SCB 액비구보다 높은 수량을 보였으나 통계적인 차이는 보이지 않았다. 그리고 사료가치는 화학비료구, 돈분액비, 돈분 SCB 액비의 시용구간에 비슷한 수준을 보였다. 토양중 전질소 함량은 돈분액비 시용에 의한 변화가 관찰되지 않았으나 토양유기물 함량은 시험 후에 현저하게 증가하는 경향을 보였다 ($P<0.05$). 그리고 토양수분 함량은 토양깊이가 깊어짐에 따라 높은 함량을 유지하였다. 따라서 간척지에서 돈분액비를 이용하여 수수×수수 교잡종의 재배가 가능하나, 돈분 SCB 액비를 이용시에는 추가적인 질소질 비료의 시용이 필요 할 것으로 생각된다.

V 인용 문헌

1. 김동암, 고서봉, 권찬호, 김문철, 한건준, 김종덕, 이광녕, 신동은, 김종근. 1997. 중북부 및 제주지역에 적합한 사일리지용 옥수수의 우량품종 평가. 한초지. 17(4):323-328.
2. 김종덕, 권찬호, 김종근, 김창현, 노환국, 윤영만, 이종경. 2009. 조사료생산 및 이용. 신광종합출판사 p. 96.
3. 농촌진흥청. 2000. 농촌진흥청 표준분석법.
4. 박치호. 2007. SCB에 의한 양돈처리 방법. 가축분뇨 자원순환 촉진을 위한 SCB 액비 이용 세미나 및 연시회 자료집. 농촌진흥청 국립축산과학원. pp. 43-65.
5. 신재순, 김원호, 이승현, 윤세형, 정의수, 임영철. 2004. 간척지에서 주요 여름 사료작물의 건물생산성 및 사료가치 비교. 한국초지조사료학회지 24 (4):335-340.
6. 유철현. 2004. 간척지 토양의 실무관리. 간척지연구회지. 2:16-31.
7. 유철현, 김종구, 최송열, 조국현, 유숙중, 소재돈, 이경수. 1993. 사질 염해담에서 개량제 시용이 토양의 물리화학적 변화와 수도수량에 미친 영향. 한국토양비료학회지. 26(4):241-248.
8. 유철현, 조국현, 최경원, 박건호, 김영호. 1989. 간척지 토양의 이화학적 변화 연구. 한국토양비료학회지. 22(3):180-190.
9. 육완방. 2003. 가축분뇨의 처리형태와 시용수준이 영년초지의 생산성, 지력증진 및 환경에 미치는 영향. 한국초지학회지 23(3):135-222.
10. 신동은. 1999. 축종별 액상분뇨와 질소시용량이 양질조사료의 수량, 사료가치 및 토양 특성에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.
11. 신재순, 김원호, 윤세형, 서 성. 2007. 간척지 재배에 적합한 사료작물 작부체계 선별연구. 초지조사료지. 27(2):117-122.
12. 신재순, 김원호, 이승현, 신하용. 2006a. 간척지에서 사료용 피 품종들의 건물수량 및 사료가치 비교. 한초지. 26(4):215-220.
13. 신재순, 김원호, 이승현, 윤세형, 정의수, 임영철. 2004. 간척지에서 주요 여름 사료작물의 건물생산성 및 사료가치 비교. 한초지. 24(4):335-340.
14. 신재순, 김원호, 이승현, 임영철. 2006b. 간척지에서 요소 및 유안비료 시용이 총체보리의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 26(1):25-30.
15. 신재순, 이승현, 김원호, 윤세형, 김종근, 남진우. 2005. 간척지에서 주요 겨울 사료작물의 건물생산성 및 사료가치 비교. 한초지. 25(2):113-118.
16. 이규성. 1995. Variability and genetics of salt tolerance in japonica rice (*Oryza sativa* L.). Los Baños, Laguna, Philippines. p. 112.
17. 이승현. 2006. 간척지에서 식물분류학적 접근과 토양염류도 등급에 의한 작물의 내염성평가. 서울대학교 박사학위 논문.

18. 임영철. 2008. 돈분액비 시용이 초지 및 사료작물의 생산성과 NO₃ -N 용탈에 미치는 영향. 건국대학교 박사학위 논문.
 19. 임영철, 윤세형, 정민웅, 김원호, 김종근, 이종경, 서 성, 박남진, 육완방. 2007. 가축분뇨 시용이 총체 비의 생산성, 사료가치 및 토양의 화학성에 미치는 영향. 한초지. 27(4):229-335.
 20. 임영철 외 22인. 2011. 조사료 생산·이용 기술 교본. 농림수산부·농촌진흥청·농협중앙회. pp. 55-104.
 21. 정이근. 1984. 간척지 토양에서 비전도도 및 유기염류의 변화가 수도 생육에 미치는 영향. 경상대학교 박사학위 논문.
 22. 정진일, 유숙중, 오명규, 백남현, 고재권, 이재길. 2002. 벼 생태형별 염농도에 따른 생육 및 수량. 한작지. 47(6):422-426.
 23. 조현숙, 서종호, 김민태, 이종기, 엄순표, 이장용, 오택근. 2005. 녹비작물 투입에 따른 토양 내 인산함량 변화. 한국작물학회 학술발표대회 50(1): 300-301.
 24. 지희정, 김원호, 김기용, 이상훈, 윤세형, 임영철. 2009. 논에서 배수조건에 따른 사일리지용 옥수수 품종의 생육특성, 생산성 및 품질 비교. 한초지. 29(4):329-336.
 25. 채영암, 방관호, 허정기. 1990. 세포배양에 의한 내염성 벼 품종 육성. IV F2 세대에서 내염성과 관련된 Proline 함량의 유전분석. 한국육종학회지. 21(4):283-286.
 26. 호남농업시험장. 2002. 한국의 간척지 농업. pp. 299-310.
 27. Aldrich, S.R., W.O. Scott and R.G. Hoeft. 1986. Modern corn production A&L. Publications Inc. Station. Illinois.
 28. AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington DC.
 29. Campbell. C.M., Schnitzer M., Stewart W.B., Biederbeck J.V.O. and Selles, F. 1986. Effect of manure and fertilizer on properties of a Black Chernozem in southern Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 66:601-613.
 30. Freeze, B.S. and Sommerfeldt, T.G. 1985. Breakeven hauling distances for beef feedlot manure in southern Alberta. Can. J. Soil Sci. 65:687-693.
 31. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agricultural Handbook. No.379, ARS, USDA, Washington DC.
 32. KRC. 2007. Agricultural infrastructure development and improvement project, Korea Rural Community and Agricultural Corporation, Uiwang, Korea.
 33. Lim, W.J., Y.K. Sonn and Y.M. Yoon. 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.
 34. Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. Univ. of Florida, Depart. of Anim. Sci.
 35. Seo, J.H., H.J. Lee, J.B. Hub and S.J. Kim. 1998. Effect of hairy betch (*Vicia villosa* Roth) green manure on maize growth and nitrogen uptake. RDA. J. Agro-Envir. Sci. 40(1):62-68.
 36. Sohn, Y.M., G.Y. Jeon, J.D. Song, J.H. Lee and M.E. Park. 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.
 37. Sommerfeldt, T.G. and C. Chang. 1985. Changes in soil properties under annual applications of feedlot manure and different tillage practices. Soil Sci. Soc. Am J. 549:983-987.
 38. Sommerfeldt, T.G., C. Chang and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen and decrease carbon to nitrogen ratio. Soil Sci. Soc. Am J. 52:1667-1672.
 39. Sommerfeldt, T.G. and C. Chang. 1987. Soilwater properties as affected by twelve annual applications of cattle feedlot manure. Soil Sci. Soc. Am J. 51:7-9.
 40. Yoo, S.H. and M.E. Park. 2004. Proposal of land-use planting for agricultural use of the Saemangeum Reclaimed Lands, J. Soc. Agr. Res. on Reclaimed Lands. 2:68-91.
- (접수일: 2011년 3월 15일, 수정일 1차: 2011년 3월 31일, 수정일 2차: 2011년 4월 7일, 게재확정일: 2011년 5월 12일)